

Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie, Physikalische Medizin und
Rehabilitation der
Universität München

Direktor: Prof. Dr. med. Dipl.-Ing. Volkmar Jansson

**Frühergebnisse der operativen Hüftgelenksrekonstruktion
mittels kombinierter offener Hüftgelenksreposition,
Beckenosteotomie nach Salter und intertrochantärer
Umstellungsosteotomie bei im Laufalter diagnostizierter
kongenitaler Hüftluxation**

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

Vorgelegt von

Sebastian Werner

aus Kiel

2017

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. med. Bernhard Heimkes
Mitberichterstatter:	Priv.-Doz. Dr. med. Florian Schmidutz
Dekan:	Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel
Tag der mündlichen Prüfung:	26.01.2017

Meiner Familie in Dankbarkeit gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

I.	Einleitung und Ziel.....	1
II.	Allgemeiner Teil	3
II.1	Die Anatomie des Hüftgelenks.....	3
II.1.1	Hüftpfanne	3
II.1.2	Proximales Femur.....	4
II.1.3	Kapsel und Bänder	5
II.1.4	Muskeln	5
II.2	Die Entwicklung des Hüftgelenks.....	6
II.2.1	Die Entwicklung der Hüftpfanne.....	6
II.2.2	Die Entwicklung des proximalen Femurs	8
II.3	Die Biomechanik des Hüftgelenks	9
II.4	Das Krankheitsbild der angeborenen Hüftluxation	17
II.4.1	Begriffsklärung.....	17
II.4.2	Pathologisch-anatomische Befunde	18
II.4.3	Einteilung nach Tönnis	20
II.4.4	Epidemiologie	21
II.4.5	Ätiologie	22
II.4.6	Risikofaktoren für die verspätete Diagnose	24
II.4.7	Spontanverlauf.....	26
II.4.7.1	Spontanverlauf bei kompletter Dislokation.....	26
II.4.7.2	Spontanverlauf bei Subluxation	27
II.4.7.3	Spontanverlauf bei Dysplasie ohne Sub-luxation oder Luxation	27
II.4.8	Diagnostik	28
II.4.8.1	Klinische Diagnostik.....	28
II.4.8.1.1	Untersuchung im Stand und im Gehen	28
II.4.8.1.2	Beweglichkeitsprüfung	30
II.4.8.2	Radiologische Diagnostik.....	31
II.4.9	Operative Therapie	32
II.4.9.1	Offene Reposition	32
II.4.9.2	Gelenkverbessernde Maßnahmen.....	33

II.4.9.2.1	Becken und Azetabulum	33
II.4.9.2.2	Proximales Femur.....	36
II.4.9.3	Komplikationen	37
II.4.9.3.1	Hüftkopfnekrose.....	37
II.4.9.3.2	Reluxation.....	41
III.	Methodik	42
III.1	Patientenkollektiv und Untersuchungsgut	42
III.2	Operationstechnik.....	43
III.3	Klinische Befunde	45
III.3.1	Beinlängendifferenz	45
III.3.2	Trendelenburg-Duchenne-Zeichen	46
III.3.3	Einschränkung der passiven Hüftgelenksbeweglichkeit	46
III.3.4	Hüftgelenksschmerzen	47
III.4	Radiologische Befunde	48
III.4.1	Anfertigung der Röntgenbilder	48
III.4.2	Vermessung der Röntgenbilder	48
III.4.2.1	Definition wichtiger Bezugspunkte und -linien.....	49
III.4.2.1.1	Hilgenreiner-Linie.....	49
III.4.2.1.2	Beckenlängsachse.....	50
III.4.2.1.3	Ombrédanne-Perkins-Linie	50
III.4.2.1.4	Pfannenerker	50
III.4.2.1.5	Hüftkopfmittelpunkt	51
III.4.2.1.6	Köhler'sche Tränenfigur.....	52
III.4.2.1.7	Orientierungslinie nach Shenton und Ménard.....	53
III.4.2.2	Definition der Winkel, Strecken und Indizes.....	54
III.4.2.2.1	AC-Winkel.....	54
III.4.2.2.2	CE-Winkel.....	56
III.4.2.2.3	Pfannenneigungswinkel	57
III.4.2.2.4	ACM-Winkel.....	58
III.4.2.2.5	Instabilitätsindex nach Reimers	59
III.4.2.2.6	CCD-Winkel	61
III.5	Kriterien nach McKay und Severin.....	64
III.6	Komplikationen	65

III.7	Statistische Auswertung	66
IV.	Ergebnisse	68
IV.1	Klinische Ergebnisse	70
IV.1.1	Behandlungsergebnis nach Kriterien von McKay	70
IV.1.2	Trendelenburg-Duchenne-Zeichen	73
IV.1.3	Beinlängendifferenz	75
IV.1.4	Einschränkung der passiven Hüftgelenksbeweglichkeit	77
IV.1.5	Hüftgelenksschmerzen	79
IV.2	Radiologische Ergebnisse	81
IV.2.1	Behandlungsergebnis nach Kriterien von Severin	81
IV.2.2	AC-Winkel.....	84
IV.2.2.1	Messergebnisse.....	84
IV.2.2.2	Statistische Auswertung	85
IV.2.2.2.1	Allgemeine Statistiken	85
IV.2.2.2.2	Vergleich der Messergebnisse zwischen Untersuchungszeitpunkten	89
IV.2.2.2.3	Vergleich der Messergebnisse zwischen Patientengruppen.....	90
IV.2.3	CE-Winkel.....	100
IV.2.3.1	Messergebnisse.....	100
IV.2.3.2	Statistische Auswertung	101
IV.2.3.2.1	Allgemeine Statistiken	101
IV.2.3.2.2	Vergleich der Messergebnisse zwischen Untersuchungszeitpunkten	105
IV.2.3.2.3	Vergleich der Messergebnisse zwischen Patientengruppen...	106
IV.2.4	Pfannenneigungswinkel.....	116
IV.2.4.1	Messergebnisse.....	116
IV.2.4.2	Statistische Auswertung	117
IV.2.4.2.1	Allgemeine Statistiken	117
IV.2.4.2.2	Vergleich der Messergebnisse zwischen Untersuchungszeitpunkten	121
IV.2.4.2.3	Vergleich der Messergebnisse zwischen Patientengruppen...	122
IV.2.5	ACM-Winkel.....	132
IV.2.5.1	Messergebnisse.....	132
IV.2.5.2	Statistische Auswertung	133

IV.2.5.2.1	Allgemeine Statistiken	133
IV.2.5.2.2	Vergleich der Messergebnisse zwischen Untersuchungszeitpunkten	137
IV.2.5.2.3	Vergleich der Messergebnisse zwischen Patientengruppen...	138
IV.2.6	Instabilitätsindex nach Reimers	148
IV.2.6.1	Messergebnisse.....	148
IV.2.6.2	Statistische Auswertung	149
IV.2.6.2.1	Allgemeine Statistiken	149
IV.2.7	CCD-Winkel	150
IV.2.7.1	Messergebnisse.....	150
IV.2.7.2	Statistische Auswertung	151
IV.2.7.2.1	Allgemeine Statistiken	151
IV.2.7.2.2	Vergleich der Messergebnisse zwischen Untersuchungszeitpunkten	155
IV.2.7.2.3	Vergleich der Messergebnisse zwischen Patientengruppen...	156
IV.3	Komplikationen	166
V.	Diskussion.....	168
V.1	Methodik	169
V.1.1	Operationstechnik.....	169
V.1.2	Datenerhebung und Patientenkollektiv	171
V.1.3	Verwendete Messparameter und deren Bewertung.....	172
V.1.4	Statistische Auswertung	177
V.2	Ergebnisse.....	177
V.2.1	Klinische Behandlungsergebnisse	177
V.2.2	Radiologische Behandlungsergebnisse	179
V.2.2.1	AC-Winkel.....	180
V.2.2.2	CE-Winkel.....	184
V.2.2.3	Pfannenneigungswinkel	187
V.2.2.4	ACM-Winkel.....	187
V.2.2.5	Instabilitätsindex nach Reimers	189
V.2.2.6	CCD-Winkel	190
V.2.3	Komplikationen	194
V.2.4	Darstellung ausgewählter Fälle.....	197
V.2.4.1	Patient Nr. 3.....	197

V.2.4.2	Patientin Nr. 6	201
V.2.4.3	Patientin Nr. 8	205
V.2.4.4	Patientin Nr. 9	209
VI.	Zusammenfassung und Schlussfolgerung	215
VII.	Literaturverzeichnis.....	217

I. Einleitung und Ziel

Das Krankheitsbild der erst im Laufalter diagnostizierten kongenitalen Hüftluxation stellt heutzutage aufgrund des flächendeckenden sonographischen Neugeborenen-Hüftscreenings in Deutschland eine Rarität dar. In anderen Ländern ohne ein entsprechendes Screening-Programm hingegen tritt dieses Krankheitsbild auch heute noch deutlich häufiger auf.^{1,2} Es wird allgemein davon ausgegangen, dass mit zunehmendem Diagnosealter die Schwierigkeit der Therapie zunimmt und die Behandlungsergebnisse schlechter werden.² Gründe dafür sind die bei länger bestehender Luxation stattfindenden anatomischen Anpassungsvorgänge wie die Verkürzung von Muskeln und Weichteilen, die Konstriktion der Gelenkkapsel, die verstärkte Anteversion des Femurs und die fortschreitende Verformung des Acetabulums.^{1,3,4}

Das primäre Ziel der Therapie der im Laufalter diagnostizierten kongenitalen Hüftluxation ist die Herstellung eines stabilen, konzentrisch reponierten Gelenkes mit einer guten Funktion, um eine möglichst normale Weiterentwicklung des Gelenkes zu ermöglichen und durch Remodellierungsvorgänge die Dysplasie zu korrigieren, ohne dass ernsthafte Komplikationen wie die Hüftkopfnekrose, eine Reluxation, eine Subluxation oder eine Wund- oder Gelenkinfektion auftreten.^{1,2} Kontrakturen der Muskeln und anderer Weichteile müssen im Rahmen der Reposition adäquat behandelt werden, um dies zu verhindern.^{1,4}

Es existiert kein Konsens hinsichtlich des besten Managements der angeborenen Hüftluxation ab dem Laufalter.^{1,5} Eine konservative Therapie bei der erst im Laufalter diagnostizierten Luxation geht oft mit einer längeren Behandlungsdauer und höheren Komplikationsraten einher und viele Patienten benötigen im weiteren Verlauf eine Operation.^{6,7}

Viele Autoren empfehlen die Durchführung einer sogenannten One-Stage-Operation oder -Prozedur, bestehend aus einer offenen Reposition, einer Korrekturosteotomie des proximalen Femurs und einer Beckenosteotomie, wie Sie auch in dieser Untersuchung durchgeführt wurde.^{1-3,5} Ziel dieses Vorgehens ist es, in einem Schritt Gelenkverhältnisse herzustellen, welche es dem Gelenk ermöglichen, sich unter möglichst normalen Bedingungen weiter zu entwickeln.³ Lässt man die angeborene Hüftluxation unbehandelt, entwickeln die Patienten mit großer Wahrscheinlichkeit ein Hinken, Schmerzen, eine Gelenksteife und schließlich eine zunehmende Behinderung.²

Selbst wenn man die Entwicklung eines vollkommen normalen Hüftgelenkes in vielen Fällen nicht erwarten kann, rechtfertigen die Aussicht auf eine Verlängerung des beschwerdefreien oder -armen Zeitraums und die Schaffung von günstigen anatomischen Verhältnissen im Hinblick auf eine eventuell spä-

ter notwendige endoprothetische Versorgung die operative Rekonstruktion des Gelenkes.³

Aufgrund der Erfahrungen der kinderorthopädischen Abteilung am Campus Großhadern des Klinikums der Universität München wird dieses Krankheitsbild dort relativ häufig behandelt. Die meisten Patienten stammen dabei aus Ländern, in denen das beschriebene Krankheitsbild häufiger auftritt, wie beispielsweise den Vereinigten Arabischen Emiraten.

Das Ziel der vorliegenden Dissertation ist es, die klinischen und radiologischen Frühergebnisse nach operativer Hüftgelenksrekonstruktion mittels kombinierter offener Hüftgelenksreposition, Beckenosteotomie nach Salter⁸ und intertrochantärer Umstellungsosteotomie bei im Laufalter diagnostizierter kongenitaler Hüftluxation darzustellen, anhand von etablierten Klassifikationssystemen und Kriterien zu bewerten, statistisch hinsichtlich möglicher Unterschiede bezogen auf Messzeitpunkte und verschiedene Patientengruppen auszuwerten und schließlich mit denen ähnlicher Untersuchungen zu vergleichen. Hierzu wurden retrospektiv Krankenakten und Beckenübersichtsaufnahmen von 16 Patienten – entsprechend 22 betroffenen Hüftgelenken – die im Zeitraum von 2004 bis 2011 am Campus Großhadern des Klinikums der Universität München behandelt wurden, ausgewertet.

II. Allgemeiner Teil

II.1 Die Anatomie des Hüftgelenks

Das Hüftgelenk wird gebildet durch die Hüftpfanne (Acetabulum) und den Hüftkopf. Es ermöglicht Bewegungen in allen drei Raumebenen um drei Hauptachsen. Diese Achsen laufen durch das Drehzentrum des Hüftgelenkes, welches sich im gemeinsamen geometrischen Mittelpunkt von Hüftkopf und Hüftpfanne befindet.

Die transversale Achse verläuft durch die Drehzentren beider Hüftgelenke. Die Bewegungen um diese Achse werden Flexion (entspricht im Stand dem Anheben des Oberschenkels) und Extension (entspricht im Stand dem Absenken des Oberschenkels) genannt.⁹

Die sagittale Achse verläuft in der Richtung der sagittalen Körperebene im rechten Winkel sowohl zur longitudinalen als auch zur transversalen Achse. Bewegungen um diese Achse bezeichnet man als Abduktion (Abspreizen) und Adduktion (Heranführen).⁹

Die longitudinale Achse verläuft durch den Hüftkopfmittelpunkt und den Punkt in der Mitte der beiden Femurkondylen. Um diese Achse finden die Innenrotation (Kniescheibe bewegt sich nach medial) und die Außenrotation des Beines (Kniescheibe bewegt sich nach lateral) statt.⁹

Tachdjian¹⁰ gibt für die normalen Bewegungsausmaße bei Kindern folgende Werte an: Flexion/Extension 110-120/0/30°, Innenrotation/Außenrotation 35/0/45° bei 90° Flexion bzw. 45/0/45° ohne Flexion und Abduktion 45°.

Hefti¹¹ gibt folgende Werte an: Flexion/Extension 120-140/0/10-15°, Innenrotation/Außenrotation 40-80/0/30-70° bei 90° Flexion bzw. 40-80/0/30-60° ohne Flexion und Abduktion/Adduktion 40-70/0/30-60°.

Diese Werte gelten, wenn man sie ausgehend von der anatomischen Nullstellung misst, das heißt im aufrechten Stand mit Berührung der beiden Malleoli interni. Die Bewegungsausmaße vergrößern sich jedoch, wenn das Hüftgelenk gebeugt ist, weil in dieser Stellung die Bänder des Gelenkes entspannt sind.⁹

II.1.1 Hüftpfanne

Die Hüftpfanne entspricht in ihrer Form einer offenen Hohlkugel. Wenn man sich eine Ebene vorstellt, die durch die Öffnung dieser Hohlkugel gelegt wird, erhält man die sogenannte Pfanneneingangsebene.¹² Sie neigt sich hauptsächlich nach lateral und kaudal, in geringem Umfang auch nach ventral. Gemessen wird diese Neigung unter Ausgleichung der Beckenkipfung, das heißt das Promontorium und die Linea terminalis liegen waagrecht zur Messunterlage. Betrachtet man nun das Becken in a.-p.-Richtung, wird der Winkel der Pfanneneingangsebene zwischen der Körperlängsachse und der Tangente an der Pfannenöffnung gemessen.^{13,14} Er beträgt nach von Lanz¹²

im Schnitt 42° beim Erwachsenen. Bei Neugeborenen liegt er bei circa 31°, beim zehnjährigen Kind bei ungefähr 39°.

Da in der Beckenübersichtsaufnahme die Beckenkipfung nicht ausgeglichen wird, stellt sich hier eine von diesen Werten abweichende Pfannen-
neigung dar. Der Winkel, mit dem diese gemessen wird ist der sogenannte Pfannen-
neigungswinkel nach Ullman¹⁵ und Sharp¹⁶. Ullmann gibt für diesen Winkel
Werte von im Mittel 40° beim Erwachsenen und maximal 45° im Alter bis 10
Jahre an.¹⁴

Das Azetabulum wird aufgebaut aus Teilen des Os ilium, des Os pubis und
des Os ischii, die in der Mitte der Pfanne Y-förmig zusammenstoßen und die
sogenannte Y-Fuge bilden. In der Beckenübersichtsaufnahme ist von der Y-
Fuge nur die Knorpelfuge zwischen Os ilium und Os pubis sichtbar.¹³

Beim Erwachsenen umfasst die Pfanne mit dem faserknorpeligen Limbus et-
was mehr als die Hälfte des Hüftkopfes, weswegen das Hüftgelenk als Nuss-
gelenk bezeichnet wird.^{9,14} Im ersten Lebensjahr stellt sich das Azetabulum
jedoch verhältnismäßig seicht dar, sodass der Hüftkopf von ihr in geringerem
Ausmaß umfasst wird, als beim Erwachsenen.¹³

Die Gelenkpfanne ist nicht vollständig mit Gelenkknorpel ausgekleidet, son-
dern lediglich in Form der sichelförmigen Facies lunata. Die Aussparung in
ihrer Mitte ist die mit Fettgewebe – dem Pulvinar acetabuli – ausgefüllte
Fossa acetabuli. Hier entspringt das Ligamentum capitis femoris. Zwischen
den Enden der Facies lunata verläuft das Ligamentum transversum, welches
die Hohlhalbkugel schließt.^{13,14}

II.1.2 Proximales Femur

Der Hüftkopf ist annähernd kugelförmig. Etwa zwei Drittel der Kugeloberfläche
sind mit Gelenkknorpel überzogen.^{9,14} Er ist sowohl durch Muskeln und
Bänder als auch schon zum Zeitpunkt der Geburt durch die Oberflächen-
spannung der Synovialflüssigkeit in der Pfanne gesichert.¹⁷

Die Fovea capitis liegt in Neutralstellung der Fossa acetabuli gegenüber. Sie
stellt den Einstrahlungspunkt für das in der Frühentwicklung den Femurkopf
ernährende Blutgefäß im Ligamentum capitis femoris dar.¹⁴

Der Schenkelhals liegt innerhalb der Gelenkkapsel. Seine Form ist das Er-
gebnis des Wirkens vieler funktioneller Kräfte. Er weist gegenüber dem
Femurschaft zwei Formfaktoren auf, nämlich die Schenkelhalsneigung und
die Antetorsion. Die Schenkelhalsneigung wird beschrieben durch den CCD-
Winkel (Centrum-Collum-Diaphysenwinkel) nach Müller¹⁸, der bei der Geburt

ungefähr 150°, bei Beginn der Belastung ungefähr 140° und im Alter von 15 Jahren ungefähr 133° beträgt. Er verringert sich im Alter auf bis zu 120°.

Die Antetorsion wird durch den Antetorsionswinkel beschrieben. Er beträgt beim Neugeborenen circa 31° und beim Erwachsenen circa 12°. Beim Vorliegen einer kongenitalen Hüftluxation ist er häufig erhöht.¹⁴ Der AT-Winkel hat eine wesentliche Bedeutung für die Reduktion der Biegebeanspruchung des Schenkelhalses, da durch die Antetorsion die Schenkelhalsachse nahezu mit der Wirkungslinie der belastenden Kraft zusammenfällt.¹⁴

II.1.3 Kapsel und Bänder

Die Bänder des Hüftgelenks sind die Ligamenta iliofemorale, pubofemorale und ischiofemorale. Sie stellen Verstärkungszüge der Gelenkkapsel dar. Sie entspringen am knöchernen Pfannenrand und verlaufen zur Basis des Trochanter major, der Linea intertrochanterica und der Basis des Trochanter minor. Das Ligamentum iliofemorale spannt sich bei Extension. Es verhindert dadurch ein dorsales Abkippen des Beckens und stabilisiert den Stand ohne Muskelkraft. Das Ligamentum pubofemorale hemmt die extreme Abduktion und das Ligamentum ischiofemorale die extreme Adduktion sowie die Innenrotation. Die Bänder des Hüftgelenkes sind in Flexions- und Außenrotationsstellung entspannt.^{9,14}

II.1.4 Muskeln

Die Muskeln des Hüftgelenks können hinsichtlich ihrer Hauptfunktionen in Flexoren, Extensoren, Abduktoren, Adduktoren und Außen- und Innenrotatoren eingeteilt werden. In Tab. II-1 sind die für die jeweilige Bewegung wichtigsten Muskeln aufgelistet. Zwar sind an den einzelnen Bewegungen im Hüftgelenk jeweils noch weitere Muskeln beteiligt und die Funktion der Muskeln ändert sich häufig mit der Gelenkstellung.^{9,14} Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde an dieser Stelle jedoch auf detailliertere Darstellungen verzichtet.

Tab. II-1 Die wichtigsten Muskeln des Hüftgelenks und ihre Hauptfunktionen⁹

Flexion	M. iliopsoas
	M. tensor fasciae latae
	M. rectus femoris
Extension	M. gluteus maximus
Abduktion	Mm. glutei medius und minimus
Adduktion	Mm. adductores brevis und longus
	M. adductor magnus
	M. pectineus
Innenrotation	M. glutei medius und minimus (vordere Anteile)
	M. tensor fasciae latae
Außenrotation	M. gluteus maximus
	Pelvitrochantäre Muskeln: M. quadratus femoris, M. obturatorius internus

II.2 Die Entwicklung des Hüftgelenks

Für die Entwicklung eines normalen, kongruenten Gelenkes mit einem runden Hüftkopf und einer runden Hüftpfanne sind ein freies Gelenkspiel in den drei Ebenen des Raumes sowie eine nicht verminderte Belastungsfähigkeit des Gelenkes grundlegende Voraussetzungen. Ist die Beweglichkeit des Hüftgelenks in einer Ebene eingeschränkt, passt sich das Gelenk morphologisch an und es entsteht ein inkongruentes Gelenk, welches nur noch scharnierartige Bewegungen zulässt.¹⁹

II.2.1 Die Entwicklung der Hüftpfanne

Die Hüftpfanne und der Hüftkopf gehen aus den gleichen Mesenchymzellen hervor. Ungefähr in der siebten Woche entwickelt sich ein Spalt zwischen dem zukünftigen Femurkopf und dem Azetabulum und die knorpeligen Vor-

stufen von Os ilium, Os ischii und Os pubis vereinigen sich und bilden die erste Hüftgelenkanlage. Nach circa 8 bis 11 Wochen ist das Hüftgelenk vollständig ausgebildet. Zu diesem Zeitpunkt kann zum ersten Mal eine Dislokation erfolgen. Im 3. und 4. Embryonalmonat bilden sich die Ossifikationskerne der drei Beckenknochen heraus. Die von diesen gebildete Y-Fuge schließt sich bei Mädchen im Alter von 12 bis 16 Jahren, bei Jungen im Alter von 14 bis 18 Jahren. Vorher, mit ungefähr 8 bis 9 Jahren, treten am Pfannenrand außerdem sekundäre Ossifikationszentren der drei an der Bildung der Hüftpfanne beteiligten Knochen auf, die das vordere, das obere und das untere Os acetabuli bilden. Diese Ossifikationszentren sorgen für die endgültige Tiefenausbildung der Hüftpfanne. Bleibt die Entwicklung des oberen Os acetabuli aus oder wird sie beeinträchtigt, ist der Hüftkopf nach kranial nicht ausreichend in der Pfanne gesichert.^{14,17,19-21}

Der zweiseitige Säulenknorpel der Wachstumszone der Y-Fuge setzt sich bis zum Pfannenerker fort, das Pfannendach und die Y-Fuge bilden daher gemeinsam eine durchgehende Appositionszone. Der Pfannenerker erfährt sowohl ein nach distal als auch ein nach lateral gerichtetes Wachstum. Außerdem ist von Bedeutung, dass hier enchondrale und periostale Knochenbildung ineinander übergehen und gemeinsam voranschreiten müssen. Der Übergang von Perichondrium in Periost und die vorherige für das laterale Wachstum nötige Proliferation des Perichondriums werden von Chondrozyten der unteren (basalen) Reihen induziert. Diese Induktion kann nur stattfinden, wenn diese Chondrozyten in physiologischen Stufen degenerieren und in der Ossifikationszone zugrunde gehen. Die Voraussetzungen hierfür sind wahrscheinlich bei vielen Luxationshüften nicht gegeben, womit es zum Ossifikationsrückstand des Pfannenerkers, der Hüftdysplasie, kommt.^{14,17,20,21}

Die Erweiterung und Vergrößerung der Pfanne in die Breite und Höhe kommt durch interstitielles Wachstum in der Y-Fuge zustande. Die Tiefe des Azetabulums wird zusätzlich durch das appositionelle Wachstum unter dem Perichondrium und das Wachstum der angrenzenden Knochen – des Os ilium, des Os ischii und des Os pubis – beeinflusst. Eine wichtige Voraussetzung für eine ausreichende Tiefe der Pfanne und ihre kugelige Form ist das Vorliegen eines zentrierten, sphärischen Hüftkopfes. Weiterhin sind für eine normale Entwicklung des Hüftgelenks eine genaue Abstimmung des wachsenden Hüftkopfes, des Schenkelhalses, der Y-Fuge und weiterer Pfannenbereiche aufeinander sowie eine reguläre Gelenkfunktion und Belastung maßgeblich. Im Alter von 8 Jahren ist die Form des Azetabulums größtenteils festgelegt.^{14,17,20,21}

II.2.2 Die Entwicklung des proximalen Femurs

Das Wachstum des proximalen Femurs findet in einer zusammenhängenden, sich vom Hüftkopf bis zum Trochanter major erstreckenden Wachstumszone statt. Diese kann jedoch in drei Hauptwachstumszonen unterteilt werden, welche sich im Hüftkopf, im Trochanter major und im Bereich des lateralen Schenkelhalses befinden. Das Zusammenspiel dieser drei Wachstumszonen bestimmt die spätere Konfiguration des proximalen Femurs im Erwachsenenalter. Außerdem wird das Wachstum durch muskuläre und unter Gewichtsbelastung auftretende Kräfte sowie die Blutversorgung beeinflusst. Treten wie auch immer geartete Veränderungen dieser Einflussfaktoren auf, kann es zu tiefgreifenden Entwicklungsstörungen kommen.^{14,17}

Der Femurkopf weist während der Embryonal- und der Fetalzeit ein lineares Wachstum auf und ist von Anfang an kugelförmig. Schon in der sechsten Woche der Embryonalphase lassen sich seine rundliche Form und seine Ausrichtung hin zur Y-Fuge erkennen.²⁰

In der elften Woche ist der Hüftkopf mit seiner sphärischen Kontur, einem kurzen Schenkelhals und einem primitiven Trochanter bereits vollständig ausgebildet. Der Gelenkspalt hat begonnen, sich von der Peripherie des Hüftkopfes aus zu bilden. In diesem Stadium kann der Hüftkopf bereits disloziert werden. Weiterhin beginnt in diesem Stadium die Bildung des Limbus und des Ligamentum Teres. Die untere Extremität befindet sich in Flexions-, Adduktions- und Außenrotationsstellung. Ab diesem Zeitpunkt kann sich eine gewisse Anteversion ausbilden.²⁰

Mit sechzehn Wochen befinden sich das Knie- und Hüftgelenk in verstärkter Flexionsstellung. Der Femurschaft ist bis hin zum Trochanter minor ossifiziert, der Femurkopf hat an Größe zugenommen und der Trochanter major hat sich weiter differenziert. Der mit der Gelenkpfanne artikulierende Teil des Kopfes ist mit reifem hyalinem Knorpel überzogen. Die Muskulatur ist nun vollständig ausgebildet und erlaubt eine aktive Bewegung der Extremitäten. Der Gelenkspalt und die Gelenkkapsel sind ebenfalls vollständig entwickelt.²⁰

Mit zwanzig Wochen, also etwa nach der Hälfte der intrauterinen Phase, sieht der Fötus einem Neugeborenen schon sehr ähnlich. Die verschiedenen Differenzierungsprozesse sind weitgehend abgeschlossen und es findet nun vorwiegend das Wachstum und die Reifung des Fötus statt. Für die Entwicklung der Schenkelhalsneigung und der Antetorsion in der Embryonal- bzw. Fetalperiode gibt Watanabe²⁰ an, dass der CCD-Winkel zu Beginn etwa 130° beträgt und während der Fetalzeit weitestgehend konstant bleibt. Die Anteversion beträgt nach seiner Untersuchung im Zeitraum von der 10. bis zur 15.

Woche zwischen -20° und 27° (Mittelwert: 4°), von der 15. bis zur 20. Woche zwischen -30° und 40° (Mittelwert: 5°) und von der 20. bis zur 24. Woche zwischen -10° und 30° (Mittelwert: 11°). Sie weist also eine extreme Schwankungsbreite auf. Seiner Meinung nach korreliert der Grad der Anteversion mit dem Grad der Innenrotation des Femurs im Uterus. Sie entwickelt sich in der zweiten Hälfte der Fetalzeit und beträgt bei der Geburt etwa 35° .

Obwohl der Hüftkopf nach Watanabe²⁰ während der gesamten Embryonal- und Fetalzeit ein lineares Größenwachstum aufweist, wächst er während der fetalen Phase im Vergleich zur Pfanne stärker. Vor allem im letzten Trimenon der Schwangerschaft entwickelt sich ein zunehmendes Missverhältnis zwischen der Größe des Hüftkopfes und der zu diesem Zeitpunkt noch flach ausgebildeten Hüftpfanne. Dieses Missverhältnis prädisponiert zu Dislokationen, die wiederum zu Verformungen der knorpeligen Randstrukturen der Pfanne führen können. Nach der Geburt weisen die beiden Gelenkpartner die gleiche Wachstumsgeschwindigkeit auf.¹⁹

Einen für die Klinik interessanten Zeitpunkt stellt das Auftreten des Hüftkopfepiphyseknerns dar, da ein verspätetes Auftreten auf einen pathologischen Prozess hindeuten kann. Der Hüftkopfepiphyseknern beginnt sich normalerweise im 2. bis 8. Lebensmonat herauszubilden. Ein Auftreten nach dem zehnten Lebensmonat kann hierbei bereits als pathologisch angesehen werden. Der Apophyseknern des Trochanter major erscheint erst im 2. bis 7. Lebensjahr.^{14,17,19}

II.3 Die Biomechanik des Hüftgelenks

Zur Biomechanik der Hüfte wurden bereits von zahlreichen Autoren Überlegungen angestellt.²²⁻³² Um die Biomechanik der Hüfte zu verstehen sind zwei Größen von besonderer Bedeutung, nämlich die Belastung und die Beanspruchung des Hüftgelenks.

Zunächst soll das Prinzip der Belastung anhand des biomechanischen Modells der Hüfte von Pauwels³³ beschrieben werden (Abb. II-1).

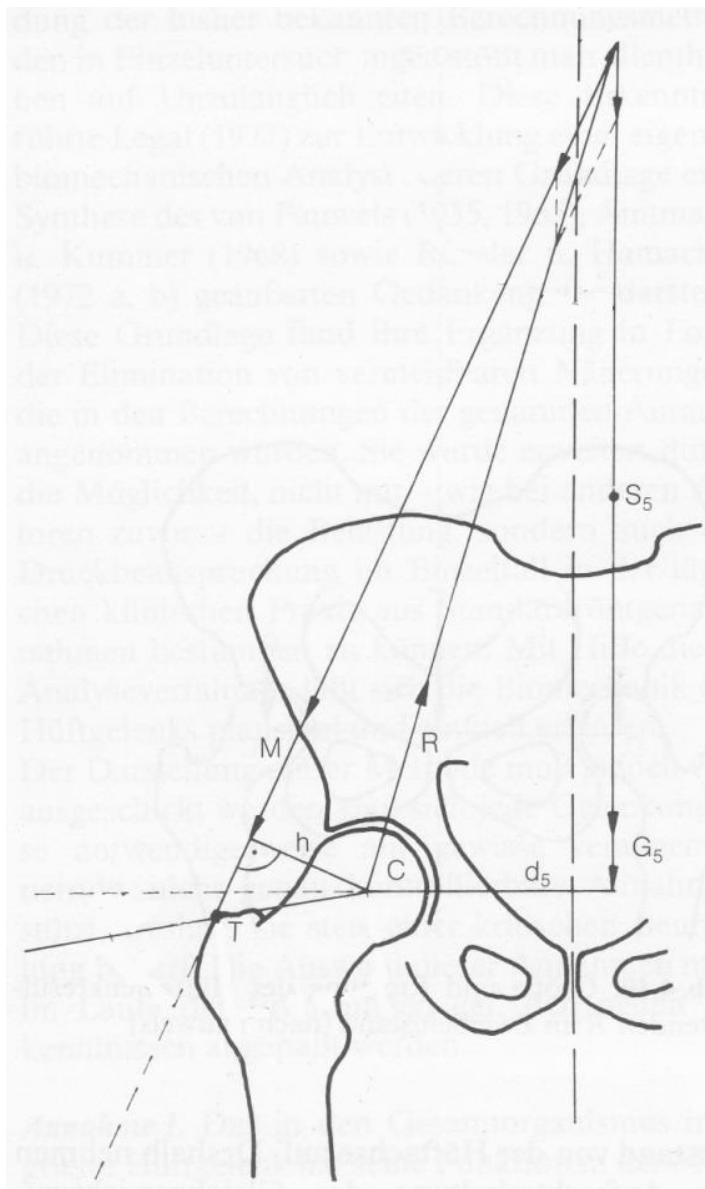


Abb. II-1 Biomechanisches Modell des Hüftgelenks nach Pauwels (modifiziert aus ¹⁴⁾

Kraft R = Hüftgelenksresultierende, Kraft M = Kraft des Muskelzuges der Hüftabduktoren, Punkt C = Hüftkopfmittelpunkt, Punkt T = Ansatz der Hüftabduktoren am Trochanter major, Punkt S_5 = Körperschwerpunkt, Kraft G_5 = Gesamtkörpergewicht minus Gewicht des Standbeins, d_5 = Hebelarm der Kraft G_5 um den Angelpunkt C , h = Hebelarm der Kraft M um den Angelpunkt C .

Nach ihm setzt sich die Belastung aus den Kräften zusammen, die von außen auf einen Körper einwirken. Im Falle des Hüftgelenks wird die Belastung durch die Kraft R beschrieben. R ist die resultierende Kraft, die sich aus den Kräften K und M , die während des Gehens auf den Hüftkopf des Standbeins ausgeübt werden, zusammensetzt. Pauwels geht dabei von einer Körperposition aus, die der Gangphase 16 nach Fischer³⁴ entspricht. Der Mensch steht

dabei auf einem Bein und der Körperschwerpunkt S5 ist ein wenig zur Seite des Schwungbeines verlagert. Der Hüftkopfmittelpunkt C stellt den Drehpunkt eines Hebelsystems dar. Die Kraft G5, welche dem Gesamtkörpergewicht abzüglich des Gewichts des Standbeins entspricht, wirkt medial des Hüftgelenks. Sie verläuft vertikal nach unten und durch den Körperschwerpunkt S5. Sie übt mit dem Hebelarm d5 ein Drehmoment um den Punkt C aus. Die Wirkung der Kraft G5 wird durch die Wirkung der Kraft M, welche lateral des Hüftgelenks wirkt, ausgeglichen. Sie kommt durch die Muskelkraft der Hüftabduktoren zustande und verläuft vom Ursprung der Muskeln am Os ilium zu Punkt T an ihrem Ansatz am Trochanter major. M übt mit dem Hebelarm h ebenfalls ein Drehmoment um C aus. Das Becken befindet sich im Einbeinstand im Gleichgewicht, da die Beträge der beiden in entgegengesetzter Richtung wirkenden Drehmomente gleich sind. Der Hebelarm d5 der Kraft K ist ungefähr dreimal so lang wie der Hebelarm h der Kraft M. Daraus folgt, dass die Kraft M etwa dreimal so groß wie die Kraft K sein muss, damit sich die Drehmomente gegenseitig ausgleichen. Addiert man die Vektoren der Kräfte M und K erhält man die Resultierende Kraft R, welche der Belastung des Hüftgelenks entspricht. Sie ist ein bisschen weniger als viermal so groß wie das Körperpartialgewicht G5. Hamacher und Roesler³⁵ errechneten für R einen Betrag von $3,6 \times G5$, Legal²⁵ errechnete einen Betrag von $3,08 \times G5$. Der Vektor der Kraft R verläuft durch den Hüftkopfmittelpunkt C und durch den Schnittpunkt der Verlängerungen der Vektoren der Kräfte M und K. Er bildet mit der Vertikalen einen Winkel von ungefähr 16° .

Die Kraft R übt auf den Hüftkopf eine reine Druckkraft aus, weil ihr Vektor den Hüftkopfmittelpunkt schneidet und somit senkrecht auf die Oberfläche des Hüftkopfes auftrifft. Auf den Schenkelhals werden durch R jedoch auch Biegekräfte ausgeübt, da die Schenkelhalsachse einen anderen Winkel mit der Vertikalen bildet als R. Dies führt dazu, dass R auf den Schenkelhals mittels eines Hebelarms h wirkt. Wie aus der Abb. II-2 zu entnehmen ist, wird h in distaler Richtung größer, das heißt die Biegekräfte, die auf den Schenkelhals wirken, nehmen in distaler Richtung zu. Weiterhin werden mit der Kraftkomponente S der Kraft R Scherkräfte auf den Schenkelhals ausgeübt. Diese Scherkräfte sind in jedem Abschnitt des Schenkelhalses gleich, weil die Größe von S durch den Winkel zwischen der Schenkelhalsachse und R festgelegt wird und sich dieser Winkel nicht ändert.

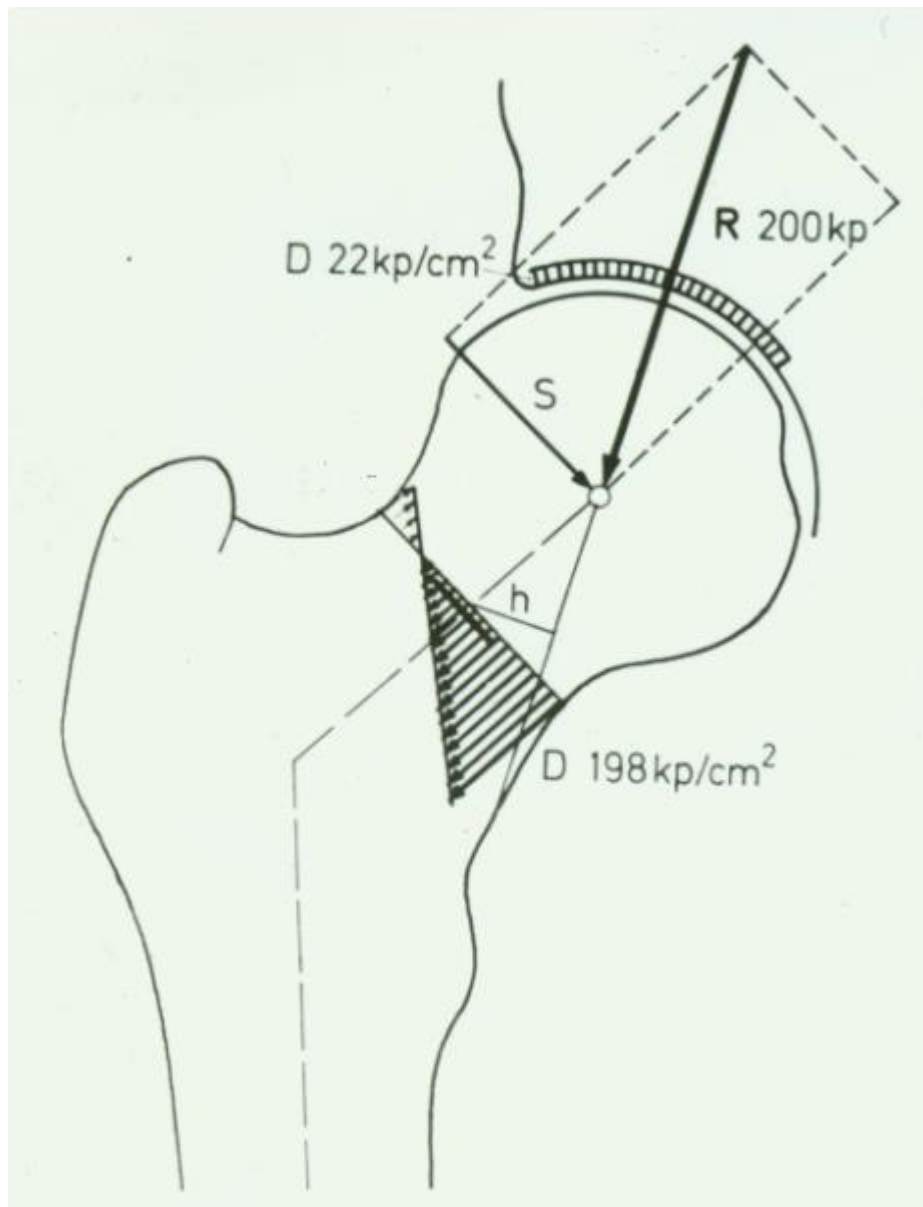


Abb. II-2 Biegekräfte und Scherkräfte am Schenkelhals (modifiziert aus ³³⁾)

Da die Kraft R nicht parallel zur Schenkelhalsachse verläuft, wirken auf den Schenkelhals einerseits Biegekräfte, welche in distaler Richtung zunehmen (parallel angeordnete Pfeile) und zusätzlich Scherkräfte, bedingt durch die Komponente S der Kraft R, welche in allen Abschnitten des Schenkelhalses gleich sind.

Eine praktische Bedeutung für die Hüftluxation ist auch der folgende Sachverhalt: Die der resultierenden Kraft R entgegengesetzte Kraft R1 kann in die Komponenten L und Q zerlegt werden. L tendiert dazu den Femurkopf nach kranial zu bewegen, während Q dazu tendiert, den Femurkopf in die Tiefe der Hüftpfanne zu bewegen. Dabei ist Q um ein vielfaches kleiner als L.

Aus diesem biomechanischen Modell lässt sich ableiten, wie die Belastung des Hüftgelenkes durch eine pathologische oder operativ veränderte Anatomie beeinflusst werden kann. Beispielsweise hat die Größe des CCD-Winkels einen Einfluss auf die Größe und die Richtung der Hüftresultierenden R , wie es in Abb. II-3 dargestellt ist.

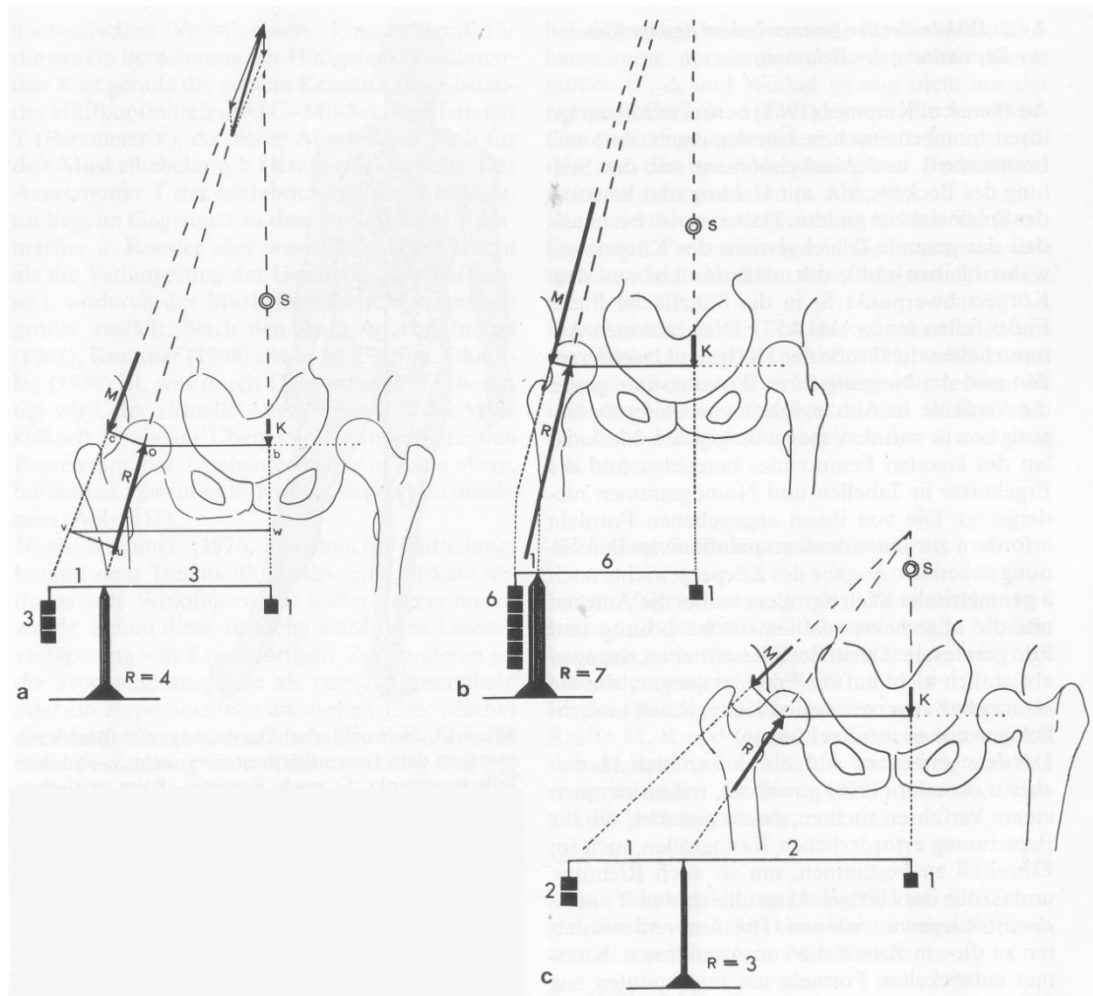


Abb. II-3 Veränderung der Biomechanik bei Coxa valga und Coxa vara (aus ¹⁴)
Vereinfachte Darstellung. Bei normaler Schenkelhalsachse (a) ist die Muskelkraft M dreimal so groß wie das Körpergewicht K . Im Falle einer Coxa valga (b) ist der Hebelarm der Kraft M mit dem Hüftkopfmittelpunkt C als Angelpunkt kürzer, wodurch eine erheblich größere Muskelkraft $M = 6$ aufgebracht werden muss, um das Becken im Gleichgewicht zu halten. Daraus resultiert eine Vergrößerung der Resultierenden Kraft R (in diesem Beispiel von $R = 4$ auf $R = 7$). Das Gegenteil ist der Fall bei einer Varusstellung (c). Hier resultiert aus dem längeren Hebelarm eine Verkleinerung der Kraft R von $R = 4$ auf $R = 3$, da eine geringere Muskelkraft $M = 2$ aufgebracht werden muss.

Durch das Höherentreten des Trochanter bei Coxa vara wird der Winkel zwischen M und der Vertikalen und somit auch der Winkel zwischen R und der

Vertikalen größer. Außerdem verlängert sich der Hebelarm h und M wird kleiner, das heißt die Hüftabduktoren müssen weniger Kraft aufbringen, um das Becken im Gleichgewicht zu halten. Daraus wiederum folgt, dass die Resultierende R ebenfalls kleiner wird. Das Gegenteil ist bei Vorliegen einer Coxa valga und vergrößertem CCD-Winkel der Fall. Hierbei verläuft R steiler, wodurch h kleiner wird und M größer wird. Daraus resultiert eine Erhöhung der Belastung des Hüftgelenks. An dieser Stelle ist anzumerken, dass die tatsächlichen klinischen Effekte einer Veränderung des CCD-Winkels nicht derart einfach zu beschreiben sind.³⁶ Beispielsweise tritt bei Vorliegen eines pathologisch vergrößerten CCD-Winkels nicht stets eine Überbelastung des Hüftgelenkes auf, da der CCD-Winkel nur einen von mehreren Parametern darstellt, die Auswirkung auf die Gesamtgelenkbelastung haben.¹⁴ Eine variierende Osteotomie verlängert zwar den Hebelarm der Muskulatur, jedoch erhöht sich gleichzeitig die Biegespannung des Schenkelhalses, da sich auch der Hebelarm h vergrößert. Ein weiteres Beispiel ist die Tatsache, dass bei Vorliegen einer Coxa vara die Vorteile des verkleinerten CCD-Winkels durch einen gleichzeitig verkürzten Schenkelhals aufgehoben werden, da nun eine Nettoerhöhung der Muskelarmes auftritt.³⁶

Das Ziel einer Derotationsosteotomie bei verstärkter Antetorsion ist unter anderem die Veränderung des Muskelhebelarms h , um über eine Reduzierung der notwendigen Muskelkraft M eine Reduzierung der Gelenkbelastung R zu erreichen. Dieser Effekt wird dadurch zu erreichen versucht, dass mit der Beseitigung einer pathologischen Antetorsion der CCD-Winkel virtuell kleiner und somit der Muskelhebelarm h größer wird. Umgekehrt wird in diesem biomechanischen Modell bei verstärkter Antetorsion h kleiner, was zu einer Erhöhung der Belastung führen würde.

Das gleiche Prinzip wird bei der Varisierungsosteotomie wirksam, mit dem Unterschied, dass im Gegensatz zur Derotationsosteotomie der CCD-Winkel tatsächlich verkleinert wird. Auch hier gilt, dass bei einer verstärkten Valgusstellung der Krafthebelarm h kleiner und die Gesamtbelastung R somit höher würde.¹⁴

Die Auswirkungen der Beckenosteotomie nach Salter auf die Belastung des Hüftgelenkes lassen sich ebenfalls an diesem Modell verdeutlichen. Das primäre Ziel dieser Operation ist zwar eine Verbesserung der Überdachung des Hüftkopfes, um die kraftaufnehmende Fläche des Gelenks zu vergrößern und somit die Gelenkbeanspruchung zu verringern. Die Salter-Osteotomie hat aber auch einen Einfluss auf die Belastung des Hüftgelenks. Die Operation bewirkt durch die Ventral- und Lateralverlagerung der Hüftpfanne gleichzeitig eine Lateralverlagerung des Kopfmittelpunktes C . Dies wiederum führt zu ei-

ner Verlängerung des Lastarmes d_5 und somit zu einer Erhöhung der Belastung. Diese fällt nach Legal jedoch mit etwa 2,5% gering aus.¹⁴

Die zweite für das Hüftgelenk wichtige Größe ist die Beanspruchung. Als Beanspruchung bezeichnet Pauwels die Wirkung von äußeren Kräften im Material, das heißt die Verformungen und Spannungen die durch die Belastung im Material hervorgerufen werden.³³ Bezogen auf das Hüftgelenk versteht man darunter, sieht man von den Zug- und Schubspannungen im koxalen Femurende ab, den Gelenkdruck p auf die tragende Oberfläche von Hüftkopf und Pfanne. Die Beanspruchung wird in kp/cm^2 gemessen und ist abhängig von der Belastung R und von der Größe, Form und Anordnung des Hüftkopfes und der Pfanne.¹⁴

Laut Kummer²² ist die Beanspruchung abhängig von der Hüftresultierenden R , der Größe der kraftaufnehmenden, tragenden Gelenkfläche und von der Lage des Durchtrittspunktes von R in der Tragfläche sowie der Verteilung der Kräfte innerhalb der Fläche. Die Größe der tragenden Gelenkfläche spielt dabei die größte Rolle. Je kleiner die Fläche ist, desto größer wird der Druck, und umgekehrt. Im Fall der kongenitalen Hüftluxation kommt es z.B. aufgrund einer übermäßigen Steilstellung der Gelenkpfanne zu einer Verkleinerung der kraftaufnehmenden Fläche. Welche Auswirkungen diese Steilstellung der Gelenkpfanne auf das Hüftgelenk hat, stellt Pauwels³³ anhand einer schematischen Darstellung und der dazugehörigen Röntgenbefunde dar (siehe Abb. II-4). Bei einem horizontal überdachten Gelenk (a) sind die Druckspannungen symmetrisch zur resultierenden R verteilt und es kommt kein hoher Maximaldruck auf. Im Röntgenbild ist über dem tragenden Pfannendachabschnitt ein schmaler und relativ gleichmäßiger Sklerosesaum zu erkennen. Dieser wurde von Pauwels als „sourcil“ (Augenbraue) bezeichnet.³⁷ Steht die Gelenkpfanne zunehmend steiler (b, c), nehmen die Druckspannungen in Richtung des Pfannenerkers zu und der Maximaldruck wird größer. Auch im Röntgenbild sieht man, dass der Sklerosesaum zum Pfannenerker hin immer breiter wird. Bei maximal reduzierter tragender Gelenkfläche (d) wird der Maximaldruck sehr hoch und im Röntgenbild wird ein stark ansteigender Sklerosesaum sichtbar. Außerdem sieht man eine Zystenbildung sowohl im Pfannendach als auch im Hüftkopf. Hier liegt bereits eine Subluxation mit Inkongruenz des Gelenks und fortgeschrittener Arthrosis deformans vor.¹⁴

Mit der Durchführung einer Salter-Osteotomie möchte man die Hüftkopfüberdachung verbessern. Der CE-Winkel (Zentrum-Ecken-Winkel nach Wiberg³⁸) und die kraftaufnehmende Fläche werden größer wodurch sich der Druck verringert. Legal hat die Auswirkungen einer Veränderung des CE-Winkels auf den Gelenkdruck gemessen und fand, dass bei einer Verkleinerung des Winkels um 10° bzw. 20° eine Vergrößerung des Drucks um 25% bzw. 75% auf-

trat. Bei einer Vergrößerung des Winkels um 10° bzw. 20% stellte er eine Verringerung des Drucks um 10% bzw. 20% fest. Eine Reduzierung des CE-Winkels wirkt sich also wesentlich stärker druckerhöhend aus als eine entsprechende Vergrößerung druckmindernd.¹⁴

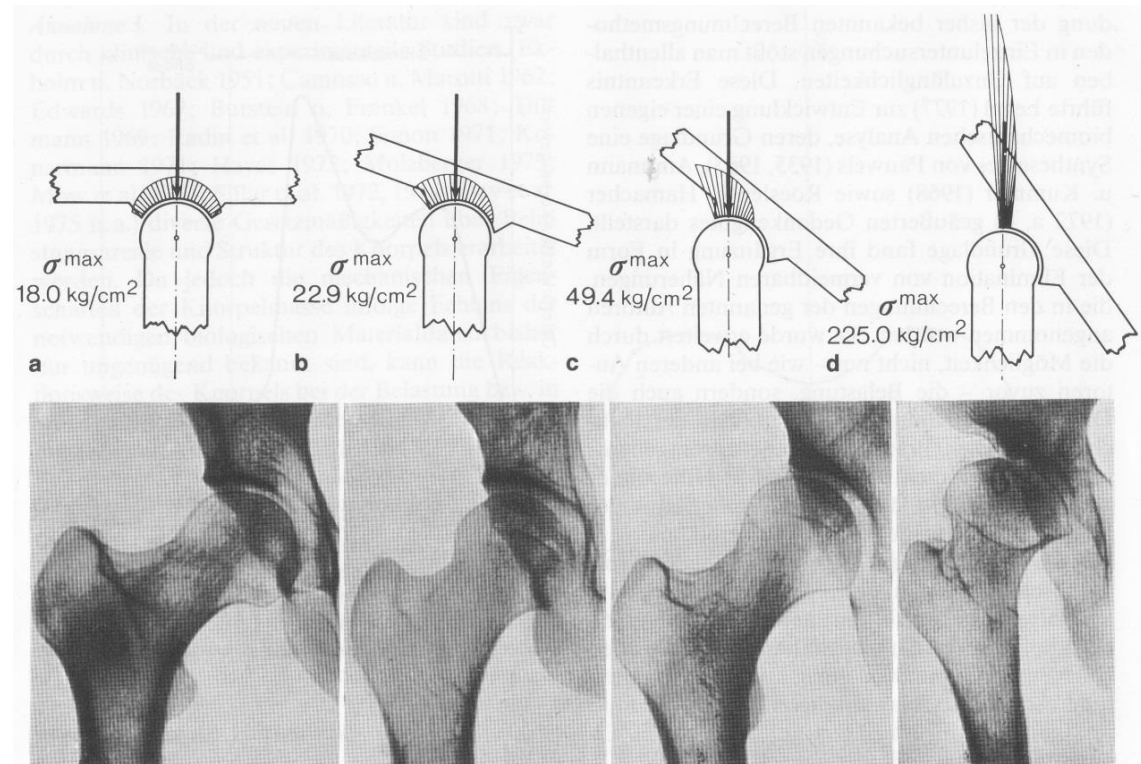


Abb. II-4 Die Beanspruchung des Hüftgelenks in Abhängigkeit von der Steilstellung der Hüftpfanne (aus ¹⁴)

Bei zunehmender Steilstellung der Hüftpfanne verkleinert sich die tragende Gelenkfläche bei jedoch gleichbleibend großer Gewichtskraft. Daraus resultiert eine Vergrößerung der Gewichtskraft pro Flächeneinheit. In den korrespondierenden Röntgenbildern ist der dadurch ebenfalls zunehmende Sklerosesaum im Bereich des Pfannendaches zu erkennen.

Ebenso hat die derotierende, varisierende Femurosteotomie einen Einfluss auf die Beanspruchung des Hüftgelenkes. Durch die sogenannte tiefe Einstellung des Hüftkopfes in der Gelenkpfanne wird eine Vergrößerung des oft sehr kleinen oder sogar negativen CE-Winkels erzielt, wodurch die tragende Fläche des Hüftgelenkes vergrößert und somit die Druckbeanspruchung gemindert werden kann. Hierbei kommt es jedoch häufig vor, dass zwar die Hebelarmverhältnisse verbessert werden können, nicht jedoch die Hüftkopfbazentrierung.¹⁴

II.4 Das Krankheitsbild der angeborenen Hüftluxation

II.4.1 Begriffsklärung

Zunächst ist es sinnvoll, die Begriffe Hüftgelenkdysplasie und Hüftgelenkluxation zu unterscheiden.

Bei der Hüftgelenkluxation handelt es sich um eine partielle oder komplette Dislokation des Hüftkopfes aus der Hüftpfanne, sprich eine Subluxation oder eine Luxation. Eine Hüftluxation kann schon in der fetalen Phase entstehen und ist dann direkt nach der Geburt nachweisbar. In diesem Fall handelt es sich um die „echte“ kongenitale Hüftgelenkluxation. Daneben existieren auch Formen der Hüftluxation, die während der embryonalen Phase entstehen und meistens mit anderen Fehlbildungen kombiniert sind. Diese sind mit 2% aller Hüftluxationen jedoch selten. Meist liegt zum Zeitpunkt der Geburt lediglich eine Instabilität des Gelenks vor, die sich erst sekundär zur Hüftgelenkluxation entwickelt.¹⁹

Bei der Hüftgelenkdysplasie handelt es sich um eine erworbene Fehlentwicklung des Hüftgelenks. Hierbei ist vorwiegend die Hüftpfanne betroffen, jedoch kommt es auch zu begleitenden Fehlentwicklungen des proximalen Femurendes.¹⁹

Bezüglich der Terminologie hat es immer wieder Diskussionen gegeben. Im englischsprachigen Raum wurde die für das Krankheitsbild früher verwendete Bezeichnung *Congenital Dysplasia/Dislocation of the Hip* (CDH) zunehmend durch die Bezeichnung *Developmental Dysplasia/Dislocation of the Hip* (DDH) ersetzt. Während *congenital* bedeutet, dass ein Zustand bereits bei der Geburt vorlag, spiegelt der umfassendere Begriff *developmental* besser die Tatsache wider, dass dieses Krankheitsbild ein breites Spektrum pathologischer Befunde aufweist. Sie reichen von einer bloßen Hüftgelenksinstabilität mit einer Laxheit der Gelenkkapsel oder auch einem stabilen, aber gering dysplastischen Gelenk bis hin zu einer kompletten Dislokation des Femurkopfes aus einem pathologisch veränderten Azetabulum. Weiterhin impliziert der Begriff, dass die pathologischen Veränderungen während der Gelenkentwicklung sowohl prä- als auch postnatal stattfinden können. Das Wort Dysplasie bezeichnet die Fehlentwicklung eines Gewebes und impliziert, dass den Veränderungen der wachsenden Knorpel- und Knochenkomponenten der kindlichen Hüfte und ihrer Reaktion auf pathologische biomechanische Einflüsse eine gewisse Dynamik innewohnt. Das Krankheitsbild sollte also als eine fortschreitende Deformierung eines ursprünglich normal geformten Gelenks betrachtet werden, welche schon in der Fetalperiode beginnen kann. Es handelt sich nicht um eine während der Organogenese in der Embryonalperiode auftretende Malformation.^{10,19,39-41} Nachfolgend werden der Begriff „kongenitale Hüftluxation“ und die Abkürzung „DDH“ synonym verwendet.

Wie verschiedene Autoren, die sich mit diesem Thema beschäftigen, die Begriffe Instabilität, Dysplasie, Subluxation und Dislokation definieren, variiert erheblich. Im Falle des Neugeborenen reserviert Weinstein³⁹ den Begriff Dysplasie für diejenigen Hüftgelenke, die ein positives Ortolani-Zeichen aufweisen, das heißt für Gelenke, die durch den Untersucher in Subluxationsstellung (partieller Kontakt zwischen Femurkopf und Azetabulum) gebracht, komplett disloziert (kein Kontakt zwischen Femurkopf Azetabulum) oder aus diesen Stellungen reponiert werden können.³⁹

II.4.2 Pathologisch-anatomische Befunde

Das Spektrum der pathologisch-anatomischen Befunde bei der angeborenen Hüftluxation ist abhängig vom Grad der Luxation und von der Dauer des Krankheitsverlaufs. Je länger eine Dislokation des Hüftgelenks vorliegt, desto ausgeprägter sind die pathologischen Veränderungen des Azetabulums, des proximalen Femurs, der Gelenkkapsel und der Weichteile.¹⁰

Bei einem gesunden Hüftgelenk sitzt der Femurkopf zum Zeitpunkt der Geburt fest in der Hüftpfanne. Dieser feste Halt kommt durch die Oberflächenspannung der Synovialflüssigkeit zustande. Im Gegensatz dazu liegt im Falle der DDH meist ein instabiles Gelenk mit einer überdehnten und weniger widerstandsfähigen Kapsel vor. Häufig findet sich im superioren, posterioren und inferioren Teil des Azetabulums eine Art Wall, von Ortolani als Neolimbus bezeichnet⁴², der aus hypertrophiertem Azetabulumknorpel besteht. Das Gleiten des Hüftkopfes über diesen Wall, welches man bei der klinischen Untersuchung spüren kann, wird als Ortolani-Zeichen bezeichnet. Die Pfanne ist zu diesem Zeitpunkt meist nur leicht ovalär entrundet. Der obere Limbus – als Limbus wird der äußere Pfannenrand mit dem Labrum acetabulare und dem darunter liegenden hyalinen Knorpel bezeichnet – ist in dorsal-kranialer Richtung gedehnt und mitgezogen, hat aber sonst noch seine ursprüngliche Form. Darüber hinaus kann eine verstärkte Antetorsion des Azetabulums und des Femurs vorliegen, die das Hüftgelenk instabil macht. An diesem Punkt kann entweder eine spontane Heilung erfolgen oder eine Verschlechterung in die Subluxationsstellung.^{10,14,17,39,43}

Wandert der Hüftkopf weiter an den Pfannenrand, formt er den faserknorpeligen Limbus und das Knorpelgewebe des Pfannenerkers immer mehr um. Nun liegt eine Subluxationsstellung vor. Das fibrokartilaginäre Gewebe des Limbus weist aufgrund von Regenerationsversuchen regelmäßig eine Hypertrophie auf. Der Hüftkopf steht auf dem verformten Limbus und Knorpel am seitlichen Pfannenrand, die Kapsel ist seitlich ausgezogen. Von hier aus kann die Entwicklung in zwei Richtungen fortschreiten. Die erste Möglichkeit ist, dass der untere Limbus und das Ligamentum transversum nach lateral vorgezogen

werden und die Pfanne mit Fettgewebe gefüllt wird. Dies hat zur Folge, dass sich der Hüftkopf nicht mehr spontan in die Pfanne einstellen lässt. Die zweite Möglichkeit ist, dass der Hüftkopf lange Zeit instabil und verschieblich bleibt. In diesem Fall lässt sich der Hüftkopf gut wieder einstellen.¹⁴

Bei weiter fortgeschrittenem Krankheitsbild hat der Hüftkopf den knorpeligen Pfannenerker überschritten und somit die Gelenkpfanne ganz verlassen. Es liegt nun eine komplette Luxation vor. Der über den Limbus hinausgetretene Hüftkopf kann diesen nach medial zurückdrängen, wobei dies nicht plötzlich geschieht, sondern einem langsamen Prozess entspricht. Oft ist hier auch nicht der Limbus selbst nach innen umgeschlagen, sondern der noch nicht verknöcherte, knorpelige Pfannenanteil, auf dem sich eine Schicht Restlimbus befindet. Dieser stellt den eigentlichen Knorpelrand des Pfannendaches dar. Es kommt ebenfalls vor, dass der Limbus vom Kopf in kranialer Richtung mitgezogen wird und dünn und spitz ausläuft. Verharrt der dislozierte Hüftkopf längere Zeit an der seitlichen Beckenwand, verwächst die Gelenkkapsel fest mit der Beckenschaufel und es bildet sich eine sogenannte Sekundärpfanne. Oft lässt sich der Weg des Hüftkopfes anhand einer Gleitrinne in Richtung der Sekundärpfanne nachverfolgen. Es existieren jedoch auch Fälle, in der der Hüftkopf in die Muskulatur tritt, wenig Kontakt zum Beckenknochen hat und sich somit keine Sekundärpfanne ausbildet. Diese Patienten sind häufig länger schmerzfrei als solche bei denen sich eine Sekundärpfanne gebildet hat. Die Gelenkkapsel mit dem Ligamentum capitis femoris ist in diesem Stadium schlauchartig bis zum Hüftkopf ausgezogen. Die Sehne des Musculus psoas liegt vor der Öffnung des Azetabulums und schnürt die Gelenkkapsel sanduhrförmig ein. In diesem Dislokationszustand findet nahezu kein Wachstum des leeren Azetabulums mehr statt. Allerdings kommt es zu einer Proliferation des Fettgewebes der Fossa acetabuli, des Bindegewebes und des Ligamentum Teres. Es bildet sich der typische verdickte Pfannenboden aus. Dieser Befund lässt eine konservative Reposition nicht mehr zu.^{10,14,19,44}

Der Femurkopf kann im Anfangsstadium noch normal sein, jedoch sind das Größenwachstum und seine Ossifikation gestört. Bei einer rechtzeitigen Reposition innerhalb der ersten 4 bis 5 Lebensjahre holt der Hüftkopf das Größenwachstum auf. Die Verformung der Femurkopfepiphyse wird vorwiegend von der Stellung der Primärpfanne, der Gleitrichtung des Femurkopfes und der Position des koxalen Femurendes im Raum bestimmt. Hinzu kommen als Einflussfaktoren die pathologisch veränderten Reize bei Belastung und Bewegung. Bei einer hohen Luxation nimmt der Kopf an der Kontaktstelle zur Beckenschaufel häufig eine platte Form an. Bei Vorliegen einer Subluxationsstellung seitlich an einer steilgestellten Pfanne kann er aufgrund einer Wachstumsverlangsamung der medialen Epiphyse bei gleichzeitigem Fortschreiten des lateralen Wachstums die sogenannte „Dogenhutform“⁴⁵ annehmen. Bei

einem Fortschreiten dieses Prozesses kann es aufgrund der weiteren Lateralisierung der Epiphyse zur Ausbildung des sogenannten „Schnabelhalses“ oder „axtförmigen Halses“ kommen. Hierbei ragt die mediale Schenkelhals-ecke, der sogenannte „Diaphysenstachel“, weit vor und ist manchmal wie eine Lippe nach unten gebogen.^{14,44}

Die Frage, ob die Coxa valga und die Coxa antetorta einen primären Befund der DDH darstellen oder eine Folge derer sind, wurde immer wieder diskutiert. Sowohl die Antetorsion als auch die Valgusstellung des proximalen Femurs ändern sich im Laufe der Entwicklung des Hüftgelenks und der AT-Winkel sowie der CCD-Winkel weisen eine nicht unerhebliche Schwankungsbreite auf. Deswegen ist es schwierig, im Kindesalter die Grenze zwischen dem Physiologischen und dem Pathologischen genau festzulegen.¹⁴

Laut Tönnis dürfte die Coxa valga primär nicht zur DDH gehören. Sie kann als Folge einer längeren Immobilisation in Lorenz- oder Lange-Stellung, als sogenannte Entlastungs-Coxa-valga bei fehlender Belastung oder bei Hüftkopfnekrosen, die vor allem die laterale Epiphyse betreffen, auftreten. Weiterhin kann bei starker Pfannendysplasie und Subluxationsstellung mit Entwicklung des Hüftkopfes hin zu der oben genannten Dogenhutform ein vergrößerter CCD-Winkel vorliegen.¹⁴

Eine verstärkte Antetorsion des Femurs liegt in unterschiedlichem Ausmaß bei fast allen Fällen von DDH vor und stellt eine wichtige Ursache für die Instabilität der Reposition dar. Putti⁴⁵ konnte eine hochgradige Antetorsion bei Hüftgelenken feststellen, die eine hohe Luxation des Femurs mit Kontakt zur Beckenwand aufwiesen. Nach ihm stellt die Antetorsion in diesem Fall ein sekundäres Phänomen dar, welches bedingt wird durch den Reiz zur Außenrotation, den der Femurkopf an der Beckenwand erfährt und durch das Bestreben des Patienten, diese Außenrotation wieder auszugleichen.¹⁴ Ein weiterer Grund für eine verstärkte Antetorsion kann eine unzureichende Entwicklung des vorderen Pfannendachs darstellen. Erhöhte AT-Winkel entstehen auch bei längerer Fixierung der Hüftgelenke in Lorenz- oder Lange-Stellung, wie es auch für den CCD-Winkel der Fall ist.^{10,14,44}

II.4.3 Einteilung nach Tönnis

Tönnis¹⁴ teilt die angeborene Hüftluxation anhand der Position der ossifizierten Hüftkopfeiphyse zum Pfannenerker und zur Ombrédanne-Perkins-Linie in der Beckenübersichtsaufnahme in vier Schweregrade ein (Abb. II-5).

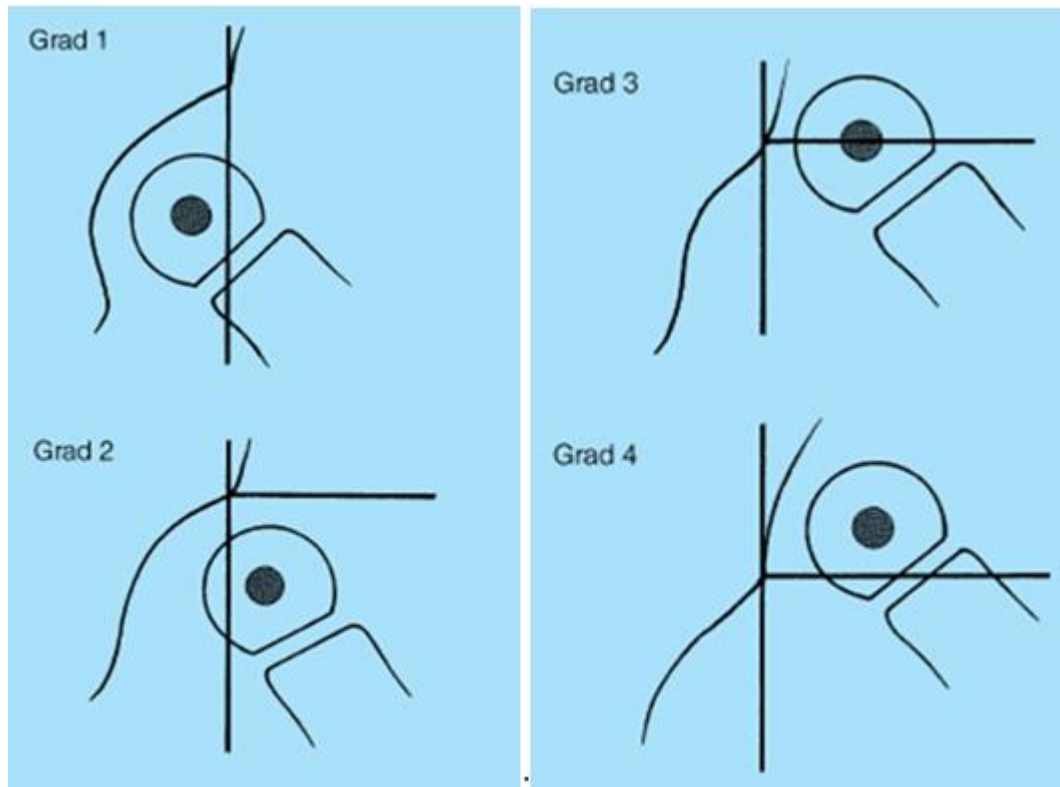


Abb. II-5 Einteilung der Hüftluxation nach Tönnis (aus ⁴⁶⁾)

Grad 1: Der Hüftkopfkern befindet sich medial der Ombrédanne-Perkins-Linie und kaudal des Pfannenerkers

Grad 2: Der Hüftkopfkern befindet sich lateral der Ombrédanne-Perkins-Linie und kaudal des Pfannenerkers

Grad 3: Der Hüftkopfkern befindet sich lateral der Ombrédanne-Perkins-Linie und auf Höhe des Pfannenerkers

Grad 4: Der Hüftkopfkern befindet sich lateral der Ombrédanne-Perkins-Linie und kranial des Pfannenerkers

II.4.4 Epidemiologie

Die Angaben zur Epidemiologie der Hüftdysplasie und der Hüftluxation unterliegen einer großen Schwankungsbreite und die wahre Inzidenz der DDH kann nur vermutet werden.^{47,48} Die angegebenen Inzidenzen werden von verschiedenen Faktoren beeinflusst, beispielsweise von genetischen und ethnischen Faktoren, Diagnosekriterien, Definitionen, der Erfahrung des Untersuchers und dem Alter des Kindes zum Untersuchungszeitpunkt. Mädchen sind häufiger betroffen als Jungen und das linke Hüftgelenk weist eine etwa dreimal höhere Inzidenz als das rechte auf.^{40,48}

Ein weltweites systematisches Review⁴⁹ nicht gescreenter Populationen hat die Prävalenz der klinisch diagnostizierten, manifesten Hüftdysplasie auf 1,3/1000 geschätzt, während die Prävalenz für klinisch mittels der Untersu-

chungen nach Ortolani und Barlow gescreente Kinder zwischen 1,6/1000 und 28,5/1000 lag.⁴⁰

Ein weiteres Review gibt für Populationen, in denen kein routinemäßiges Ultraschallscreening durchgeführt wird, 0,8 bis 1,6 Fälle unter 1000 Geburten an. In Populationen mit Ultraschallscreening werden allgemein höhere Prävalenzen angegeben, jedoch ist hier die Schwankungsbreite größer. Hier kommen auf 1000 Geburten 1,6 bis 66 Fälle. Diese unterschiedlichen Angaben beruhen hauptsächlich darauf, dass die DDH unterschiedlich definiert wird. So werden im Falle besonders hoher Prävalenzen häufig solche Fälle mit eingeschlossen, die ausschließlich einen sonographisch erfassten Befund aufweisen.⁴⁷

In Mitteleuropa liegt die Dysplasierate bei 2-4%, die Luxationsrate bei 0,5-1%.¹¹ In England, den USA und in Skandinavien hingegen finden sich Inzidenzen von 0,5-1% für die Dysplasie und weniger als 0,05% für die Luxation.¹¹ Hohe Luxationsraten liegen zum Beispiel bei gewissen Naturvölkern wie den Lappen oder bestimmten nordamerikanischen Indianerstämmen vor, bei denen die Säuglinge nach der Geburt eng gewickelt werden.¹¹ So fand eine Untersuchung in der kanadischen Region Manitoba eine Inzidenz von 188,5/1000.¹⁰ Im Gegensatz dazu kommt die Hüftdysplasie bei afrikanischen Naturvölkern praktisch nicht vor, wahrscheinlich weil die Kinder seitlich auf dem Becken oder auf dem Rücken mit gespreizten Beinen getragen werden.¹¹ Unter rund 16000 afrikanischen Bantu-Säuglingen fand eine Untersuchung keinen einzigen Fall von CDH.¹⁰

Weiterhin haben die Art und der Zeitpunkt der Diagnosestellung sowie unterschiedliche Definitionen des Krankheitsbildes einen Einfluss auf die angegebenen Werte. Bei röntgenologischer Diagnosestellung zeigt sich im europäischen und nordamerikanischen Raum eine Inzidenz der Dysplasie und Luxation von im Schnitt 2%. Mit der klinischen Untersuchung lässt sich bei 0,1-4% eine Instabilität im Hüftgelenk feststellen. Die Inzidenz bei der Erfassung durch den Ultraschall liegt – schließt man die „dysplasiegefährdeten“ Hüften des Grades 2a nach Graf ein – bei ungefähr 20%.¹⁹

II.4.5 Ätiologie

Nach dem heutigen Wissenstand stellt die DDH eine Erkrankung multifaktorieller Genese dar, die sekundär aufgrund von verschiedenen Einflussfaktoren entsteht. Ätiologisch spielen sowohl mechanische Faktoren vor und nach der Geburt als auch endogene Faktoren eine Rolle. Die mechanischen Faktoren fallen hierbei wahrscheinlich mehr ins Gewicht als die endogenen. In der Vergangenheit wurde immer wieder auch die These vertreten, dass der DDH eine

primär vorliegende Entwicklungsstörung des Azetabulums zugrunde liegt. Diese Ansicht ist jedoch nicht mehr aktuell.^{19,50-52}

Schon im Jahr 1949 stellte Badgley⁵¹ die These auf, dass die Ursache der DDH eine fehlerhafte Entwicklung des Hüftgelenks darstellt, die durch den Einfluss bezüglich des Hüftgelenks extrinsischer Faktoren mit einer Kombination aus genetischen und Umwelteinflüssen, welche das intrinsische Wachstumspotential und die intrinsischen Wachstumsmuster der Hüfte verändern, zustande kommt. Nach ihm stellen die Befunde der DDH entwicklungsbedingte morphologische Veränderungen dar, die durch sekundäre Anpassungsvorgänge entstehen. Er widerspricht somit schon früh der Theorie anderer Autoren, dass die Ursache der DDH in einer genetisch bedingten primären Entwicklungsstörung des Azetabulums liegt. Seine Theorie über die Ätiologie der DDH entspricht weitgehend dem heutigen Wissenstand.⁵⁰

Seringe et al.⁵² kommen nach einer Auswertung der zu diesem Thema existierenden Literatur zu dem Schluss, dass exogene bzw. mechanische Faktoren bei der Entstehung der DDH die entscheidende Rolle spielen und zusätzlich genetische Faktoren zur Krankheitsentstehung beitragen können. Zu den wesentlichen genetisch bedingten Faktoren, die das Auftreten der Erkrankung begünstigen können, zählen sie das Vorliegen einer Laxheit des Hüftgelenks, also einer verringerten mechanischen Festigkeit der Gelenkkapsel oder des Labrums, oder das Vorliegen eines relativ flach ausgebildeten Azetabulums.

Die weitaus wichtigere Rolle spielen jedoch exogene mechanische Faktoren. Seringe et al.⁵² stellen in ihrer Arbeit ein grundlegendes Prinzip dar. Demnach müssen, damit es zur Dislokation kommt, zwei Faktoren gemeinsam auftreten: Erstens muss sich der Hüftkopf in der Pfanne in einer Stellung befinden, die zur Dislokation prädisponiert. Der Hüftkopf sitzt hierbei nicht zentriert im Azetabulum, sondern er ist in Richtung des Pfannenrandes und der Gelenkkapsel orientiert. Dies ist der Fall in einer Gelenkstellung, die eine Kombination aus forcierter Flexion, einem gewissen Grad an Außenrotation und Adduktion darstellt. Anstelle der Außenrotation kann auch eine verstärkte Anteversion des Femurs vorliegen.

Als zweiter Faktor muss eine Kraft auf den Trochanter major ausgeübt werden, die letztendlich den Dislokationsvorgang auslöst. Diese Kraft kommt entweder durch die Aktivität verschiedener Muskeln des Hüftgelenkes (M. psoas, Adduktoren, ischiokrurale Muskulatur, M. rectus femoris) zustande, oder es wird von anatomischen Strukturen der Mutter Druck auf den Trochanter ausgeübt. Dieser Druck auf den Trochanter von außen kann, wenn das Kind sich in Steißlage befindet, durch Kontakt mit dem knöchernen Becken der Mutter zustande kommen, was auch erklären würde, warum in diesem

Fall häufig beidseitige Dislokationen zu finden sind. Befindet sich das Kind in Kopflage wird der Druck wahrscheinlich von der mütterlichen Wirbelsäule ausgeübt. Da der Rücken des Kindes gewöhnlich auf der linken Seite liegt, könnte dies die in diesem Fall häufigeren unilateralen Dysplasien der linken Hüfte erklären.

De Hundt et al.⁵³ werteten in einer Metaanalyse 30 Arbeiten aus, die Risikofaktoren für das Auftreten der DDH untersuchten. Zu den in der Literatur immer wieder vorkommenden und in dieser Arbeit ausgewerteten Risikofaktoren gehören die Steißlage des Kindes im Uterus, eine positive Familienanamnese für die DDH, das weibliche Geschlecht, ein positives Ortolani-Zeichen, das Vorliegen eines Oligohydramnion und ein zu hohes Geburtsgewicht.

Dabei stellten sich als wichtige Risikofaktoren für das Auftreten der DDH eine positive Familienanamnese, die Steißlage des Kindes, das weibliche Geschlecht und ein positives Ortolani-Zeichen nach der Geburt heraus. Das Vorliegen eines Oligohydramnion wird bei Kindern mit DDH zwar häufiger beobachtet, dieser Unterschied stellte sich jedoch nicht als statistisch signifikant dar. Ein Geburtsgewicht von mehr als 4000 g zeigte zwar keine statistisch signifikante Assoziation mit der DDH, jedoch stellte sich ein Geburtsgewicht von weniger als 2500 g als ein protektiver Faktor heraus. Weitere Risikofaktoren, die untersucht wurden, waren die Art der Entbindung, Schwangerschaften in der Vergangenheit, eine Geburt vor der 37. Schwangerschaftswoche, die Mehrlingsschwangerschaft und das Vorliegen von Torticollis oder Fußdeformitäten. Bezüglich der Entbindungsart wurde weder für die Entbindung per Kaiserschnitt noch für die vaginale Entbindung ein signifikanter Zusammenhang gefunden. Zwei Fall-Kontroll-Studien fanden eine signifikant höhere Prävalenz der DDH bei Kindern von Erstgebärenden. Die Assoziationen der anderen Risikofaktoren mit der DDH waren allesamt statistisch nicht signifikant.

Eine weitere Metaanalyse⁵⁴ der zu diesem Thema existierenden Literatur kam zu ähnlichen Ergebnissen: Die Autoren fanden als die wichtigsten Risikofaktoren die Steißlage des Kindes, das weibliche Geschlecht und eine positive Familienanamnese.

II.4.6 Risikofaktoren für die verspätete Diagnose

Die Literatur zu den Ursachen der verspätet diagnostizierten Hüftdysplasie beziehungsweise Hüftluxation ist nicht sehr umfangreich. Außerdem lassen sich die Untersuchungen schwierig vergleichen, weil sie sich in der Definition einer späten Diagnose unterscheiden. Sharpe et al.⁵⁵ führten eine Untersuchung zu diesem Thema im australischen Bundesstaat Südaustralien durch.

Sie definierten den Zeitpunkt für eine späte Diagnose als mindestens 3 Monate nach der Geburt. Die Diagnose wurde in ihrer Untersuchung im Schnitt 14,2 Monate postnatal gestellt. Folgendes fanden sie heraus: Das Risiko für eine verspätete Diagnose war bei Kindern, die in Beckenendlage geboren wurden, deutlich niedriger als bei Kindern die in Kopflage geboren wurden. Dies liegt vermutlich daran, dass die Kinder bei Geburt in Beckenendlage – einem bekannten Risikofaktor für die Hüftdysplasie – gründlicher auf diese Erkrankung untersucht wurden. Ebenfalls wurden Kinder, die per Kaiserschnitt auf die Welt kamen, weniger häufig spät diagnostiziert, vermutlich weil in diesem Fall die Untersuchung nach der Geburt mit höherer Wahrscheinlichkeit von einem erfahreneren Arzt durchgeführt wurde. Einen weiteren Risikofaktor stellte eine frühere Entlassung aus dem Krankenhaus nach der Geburt dar. Da die Kinder in Südastralien an jedem Krankenhaustag nach der Geburt einmal nach Barlow und Ortolani untersucht werden, vermutet der Autor, dass weniger Möglichkeiten gegeben waren, den Säugling in relaxiertem Zustand zu untersuchen. Weiterhin war das Risiko für eine verspätete Diagnose um das Vierfache erhöht, wenn die Geburt in einem ländlich gelegenen Krankenhaus stattgefunden hatte und nicht in einem städtischen. Gründe hierfür vermuten die Autoren in der Tatsache, dass die Zahl der jährlichen Geburten auf dem Land niedriger sei als in städtischen Gebieten, was dazu führe, dass die Ärzte weniger Erfahrung mit den Untersuchungen nach Barlow oder Ortolani hätten.

Dunn et al.⁵⁶ stellen anhand der Ergebnisse der Untersuchung eines großen Patientenkollektivs die Vermutung auf, dass die Inzidenz der verspätet diagnostizierten DDH umso niedriger ist, je sorgfältiger die Screeninguntersuchungen der Neugeborenen ausfallen. Sie fanden eine 3,2-mal höhere Inzidenz der verspätet diagnostizierten DDH bei Kindern die nach der Geburt von Allgemeinmedizineren betreut wurden als bei Kindern, die an Universitätskliniken behandelt wurden. Die wird mit der Tatsache begründet, dass z.B. Kinder von erstgebärenden Müttern und Kinder in Steißlage ein höheres Risiko für die Entwicklung einer DDH aufweisen und gleichzeitig häufiger unter fachärztlicher Betreuung geboren werden. Das gleiche Prinzip könnte ihrer Meinung nach auch bei Vorliegen anderer Risikofaktoren, die eine Assoziation mit der DDH aufweisen, gelten. Weiterhin spricht für die Effektivität einer sorgfältigen Untersuchung der Neugeborenenhüfte der folgende Sachverhalt: Unter 874 Kindern, die in Steißlage an Universitätskliniken geboren wurden, wiesen 124 (14%) bei der Geburt eine Dislokation auf. Bei den restlichen 750 Kindern, die bei der Geburt als gesund klassifiziert wurden, wurde im Nachhinein nicht eine einzige Dislokation diagnostiziert.

Raimann et al.⁵⁷ weisen anhand ihrer Fallstudien darauf hin, dass sich in Einzelfällen Hüftluxationen entwickeln können, obwohl direkt nach der Geburt

sowie im Alter von 3 Monaten sowohl die klinische Untersuchung durch einen erfahrenen Untersucher als auch Beckenübersichtsaufnahmen keine Anzeichen für eine Hüftdysplasie oder Dislokation gezeigt hatten. Auch Ilfeld et al.⁵⁸ zeigen mit ihren Fallstudien auf, dass nach vorherigen klinischen Untersuchungen mit normalen Ergebnissen noch nach Monaten bis Jahren vergrößerte AC-Winkel, Subluxationen und komplette Luxationen gefunden werden. Sie vermuten, dass die Tatsache, dass selbst bei nicht-pathologischen klinischen Untersuchungen vergrößerte AC-Winkel vorliegen können, ein Grund für die verspäteten Diagnosen sein könnte. Diese Vermutung wird auch von Bjerkreim⁵⁹ geteilt.

II.4.7 Spontanverlauf

Geht man von einem Hüftgelenk aus, das bei der Geburt eine Instabilität und Subluxierbarkeit aufweist, so kann sich der Befund bei ausbleibender Behandlung im Wesentlichen in vier Richtungen entwickeln:

- Die Instabilität und die leichten Verformungen des Azetabulums bilden sich zurück und die Hüfte entwickelt sich normal.
- Es entwickelt sich eine Subluxation.
- Die Hüfte disloziert komplett.
- Es entwickelt sich weder eine Subluxation noch eine Luxation, die Hüftpfanne bleibt jedoch dysplastisch.

Tatsächlich würden viele Kinder mit einer bei der Geburt bestehenden DDH aufgrund der häufigen spontanen Ausheilung keine Behandlung benötigen. Da sich der Verlauf jedoch nicht voraussagen lässt und eine nicht behandelte Subluxation oder Luxation schwerwiegende Folgen haben kann, muss jede dieser Hüften behandelt werden.^{17,60}

II.4.7.1 Spontanverlauf bei kompletter Dislokation

Liegt eine komplette Dislokation des Hüftkopfes vor, so hängt der natürliche Verlauf von zwei Hauptaspekten ab: Zum einen ist von Bedeutung, ob der Patient unilateral oder bilateral betroffen ist. Zum anderen macht es einen großen Unterschied, ob der Hüftkopf Kontakt zum Ilium hat – das heißt, ob sich eine Sekundärpfanne ausbildet – oder nicht. Hierbei gilt sowohl für unilateral, als auch für bilateral betroffene Patienten folgendes: Kommt es zu einer starken Ausbildung einer Sekundärpfanne, treten in der Mehrzahl der Fälle degenerative Gelenkveränderungen auf, die meistens zu Schmerzen führen und die Gelenkfunktion somit stark einschränken können. Kommt es zu keiner oder einer nur mäßigen Ausbildung, haben die Patienten gute Chancen auf einen günstigen Verlauf.^{39,60-62}

Patienten, die bilateral betroffen sind und kein falsches Azetabulum aufweisen, zeigen oft einen Verlauf ohne wesentliche funktionelle Einschränkungen und ohne Schmerzen im Hüftgelenk. Die häufigste Komplikation sind Rückenschmerzen aufgrund einer sich ausbildenden Lendenlordose. Auch unilateral betroffene Patienten ohne falsches Azetabulum zeigen oft einen Verlauf ohne Hüftgelenkschmerzen oder starke funktionelle Einschränkungen des Gelenks. Bei diesen Patienten sind als Folgen vor allem die starke Beinverkürzung bis zu 10 cm, die Arthrose im lateralen Kniegelenkkompartiment und die Insuffizienz des medialen Kollateralbandes aufgrund einer Valgusfehlstellung, Gangstörungen und die sekundäre Skoliose zu nennen.^{17,39,60,62}

II.4.7.2 Spontanverlauf bei Subluxation

Nach anatomischer Definition bedeutet Hüftdysplasie eine inadäquate Entwicklung der Hüftpfanne und oft auch des Hüftkopfes. Alle subluxierten Hüftgelenke sind per Definitionem auch dysplastisch. Was das subluxierte Gelenk vom rein dysplastischen Gelenk unterscheidet ist die radiographische Definition der Subluxation: In der Beckenübersichtsaufnahme ist die Shenton-Ménard-Linie bei einer Subluxation unterbrochen, während sie bei der alleinigen Dysplasie noch intakt ist.^{39,60,62}

Im Vergleich zu Hüftgelenken, die komplett disloziert sind, kommt es bei subluxierten Gelenken mit hoher Wahrscheinlichkeit verfrüht zu degenerativen Gelenkveränderungen, weil der Femurkopf dezentriert ist, jedoch noch Kontakt zum Azetabulum hat. Der Schweregrad der entstehenden Arthrose ist direkt abhängig von der Ausprägung der Subluxation und dem Alter des Patienten.^{39,60,62,63} Weiterhin fanden Wedge et al., dass der Zeitpunkt des Auftretens klinischer Symptome proportional abhängig vom Schweregrad der Subluxation ist. Sie beschreiben für das Erstauftreten von Symptomen ein Durchschnittsalter von 35 Jahren bei Frauen und 55 Jahren bei Männern. Radiographisch nachweisbare ausgeprägte Arthrosezeichen treten erst Jahre später auf, bei Frauen im Schnitt mit 45 Jahren und bei Männern mit 75 Jahren.⁶³ Auch eine Dysplasie allein führt in der Regel zur Arthrose, wobei es in diesem Fall länger dauert, bis sie sich entwickelt.⁶⁴

II.4.7.3 Spontanverlauf bei Dysplasie ohne Sub-luxation oder Luxation

Betrachtet man den Verlauf einer Hüftdysplasie ohne Dezentrierung des Hüftkopfes, muss man zwischen Patienten im Wachstum und Erwachsenen unterscheiden. Dysplastische Hüftgelenke im Kleinkindesalter weisen eine hohe Rate an spontaner Aus- oder Nachreifung auf. Allerdings lässt sich nie genau

vorhersagen, welches Gelenk einen günstigen und welches einen ungünstigen Verlauf nehmen wird.⁶²

Liegt die Dysplasie im Erwachsenenalter vor, zeigt sich ein deutlicher Einfluss auf die Entstehung einer Coxarthrose, der in einigen Untersuchungen beobachtet wurde.^{62,64} Wedge et al.⁶³ beschreiben die Auswirkungen auf das Hüftgelenk als ähnlich wie bei einer Subluxation, allerdings mit im Schnitt 10 Jahre späterem Auftreten degenerativer Veränderungen.

Obwohl viele Autoren eine deutliche Assoziation zwischen dem Vorliegen einer Dysplasie und dem Auftreten einer Arthrose zeigen, gibt es auch solche, die hier nicht unbedingt einen Zusammenhang sehen. Allerdings handelt es sich in diesen Fällen entweder um nur mild ausgeprägte Dysplasien oder um mild ausgeprägte Dysplasien bei jungen Erwachsenen mit guter Gelenkkongruenz und allenfalls gering ausgeprägter Beschwerdesymptomatik.⁶²

II.4.8 Diagnostik

II.4.8.1 Klinische Diagnostik

II.4.8.1.1 Untersuchung im Stand und im Gehen

Der häufigste Grund für die Eltern, ihr Kind beim Arzt vorzustellen, ist ein auffälliges Gangbild^{14,65,66}. Anhaltende Beschwerden sind im Kindesalter relativ selten vorhanden.¹⁴

Bei der klinischen Untersuchung des Hüftgelenkes findet sich oft das für die Hüftluxation typische Trendelenburg- bzw. Duchenne-Zeichen, welches sich sowohl beim Gehen als auch beim Stehen auf einem Bein nachweisen lässt. Unter physiologischen Umständen steht das Becken auf der Seite des angehobenen Beines bzw. des Schwungbeines etwas höher als auf der Standbeinseite, das Trendelenburg-Duchenne-Zeichen ist somit negativ. Im Falle des Vorliegens einer Subluxation oder Luxation des Femurkopfes verkürzt sich die Verlaufsstrecke der Hüftabduktoren vom Ileum zum Trochanter major, wodurch eine Insuffizienz dieser Muskeln zustande kommt. In diesem Fall sinkt das Becken auf der Spielbeinseite ab. Der Oberkörper wird gleichzeitig auf die Seite des Standbeins verlagert, um das Abkippen des Beckens auszugleichen. Das Trendelenburg-Duchenne-Zeichen ist somit positiv (siehe Abb. II-6).^{14,67,68} Bei beidseitiger Hüftluxation wird das beidseits vorliegende Trendelenburg-Hinken oft als „Watschelgang“ bezeichnet.

Bei der Untersuchung im Stand lässt sich in den meisten Fällen mit einseitiger Hüftluxation durch die Betrachtung der Beckenkämme von hinten eine Beinlängendifferenz feststellen.^{10,14,17} Diese wird durch den höhergetretenen Femurkopf hervorgerufen. Das Becken steht auf der betroffenen Seite tiefer.

Durch das Unterlegen von Holzplatten definierter Höhen bis zum Erreichen eines Beckengradstandes lässt sich die Beinlängendifferenz relativ genau bestimmen.¹⁴ Bei beidseitiger Hüftluxation lassen sich mitunter eine Hyperlordose der Lendenwirbelsäule, ein Hervortreten der Trochanteren und eine Verbreiterung des Perineums beobachten.¹⁰ Auch das Vorliegen einer Asymmetrie der Gluteal-, Labial- und Schenkelfalten ist möglich.¹⁷

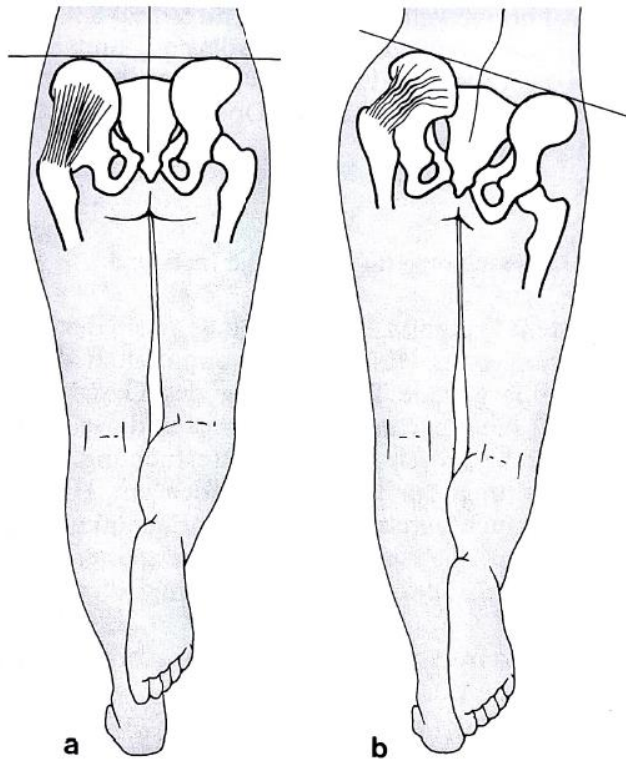


Abb. II-6 Das Trendelenburg-Duchenne-Zeichen (aus ¹⁴)

Links: Bei normaler Muskelkraft der Hüftabduktoren halten diese das Becken bei angehobenem kontralateralen Bein in der Frontalebene stabil.

Rechts: Bei einer Insuffizienz der Hüftabduktoren kommt es bei angehobenem kontralateralen Bein zu einem Absinken des Beckens auf dieser Seite.

II.4.8.1.2 Beweglichkeitsprüfung

Bei der Hüft dysplasie oder Hüftluxation ist häufig eine Einschränkung der Abduktion vorhanden. Sie beruht auf einer Verkürzung oder Tonuserhöhung der Hüftadduktoren und kann selbst bei geringgradigen Dislokationen ausgeprägt sein. Sie stellt demnach nicht unbedingt einen Anhaltspunkt für den Schweregrad der morphologischen Veränderungen dar.^{14,19,39} Diese Abduktionshemmung ist eines der verlässlichsten späten Zeichen für eine DDH bei der klinischen Untersuchung.^{14,17} Die Angaben für die normalen Ausmaße der Abduktion und Adduktion variieren dabei zwischen 30-70° beziehungsweise 30-60°. ^{10,11,14} Bei vorhandener Hüftluxation kann die Abduktion um bis zu 30-50° eingeschränkt sein, bei reiner Dysplasie nur um etwa 10-30°. Die Untersuchung wird in Rückenlage mit gestreckten Hüftgelenken durchgeführt, wobei darauf zu achten ist, dass die Verbindungslinie zwischen beiden Spinae iliacae anteriores superiores stets senkrecht zur Körperlängsachse steht, um ein Kippen des Beckens in der Frontalebene zu vermeiden. Außerdem sollte bei Kleinkindern die Prüfung der Abduktion bei um 90° gebeugten Hüftgelenken durchgeführt werden.¹⁴

Ein weiterer Befund, der sich häufig bei der DDH zeigt, ist eine verstärkte Antetorsion des Femurs.^{14,45} Der Grad der Antetorsion kann auf folgende Weise festgestellt werden: Der Patient befindet sich in Bauchlage und hat das Kniegelenk um 90° gebeugt. Der Untersucher palpiert den Trochanter major und führt gleichzeitig eine Innenrotation des Femurs herbei, indem er den Unterschenkel nach außen bewegt. Sobald er die stärkste Lateralisierung des Trochanters spürt, wird die Bewegung gestoppt. Nun wird der Winkel zwischen dem Unterschenkel und der Vertikalen gemessen. Dieser entspricht dem Grad der Femurantetorsion.¹¹

II.4.8.2 Radiologische Diagnostik

Die Durchführung einer Röntgenuntersuchung ist grundsätzlich ab einem Alter von 12 Monaten indiziert, da etwa zu diesem Zeitpunkt die Ossifikation des Femurkopfes beginnt.^{11,19} Jedoch sind einige Autoren der Meinung, dass sich schon im ersten Lebensjahr, sogar schon im Alter von wenigen Wochen, pathologische Befunde im Röntgenbild darstellen lassen.⁴⁴

Auf der Luxationsseite kann eine allgemeine Minderentwicklung des Beckens und des proximalen Femurs mit einer kleineren Ausbildung der Knochenkerne festgestellt werden.⁴⁴

Der Hüftkopfkern tritt verzögert auf und wächst langsamer. Außerdem weist er eine zunehmende Verformung und eine Verlagerung in Relation zum Schenkelhals nach kranial und lateral auf. Unter physiologischen Bedingungen ist der Femurkopf fast kugelförmig und der Epiphysenkern ovoid geformt. Bei der dysplastischen Hüfte wird er zunehmend von medial her abgeflacht und nimmt eine Tropfenform an. Die Hüftgelenkpfanne weist eine geringere Größe und Tiefe sowie ein steileres Pfannendach mit einem verkürzten Pfannenerker auf.⁴⁴

Die typischen Fehlstellungen des proximalen Femurs sind eine vermehrte Valgusstellung und Antetorsion. Auf der Beckenübersichtsaufnahme lässt sich direkt jedoch nur der kombinierte CCD-Winkel ablesen, der sowohl durch die Valgusstellung als auch durch die Antetorsion beeinflusst wird.⁴⁴

Weitere typische Befunde, die sich bei der verspätet diagnostizierten DDH finden, sind eine Unterbrechung der Shenton-Ménard-Linie, ein verbreiteter Beckenboden, ein Fehlen der Köhler'schen Tränenfigur und eine verminderte Hüftkopfüberdachung.³⁹

Zur Diagnosestellung und für die Beurteilung des Schweregrades der pathologischen anatomischen Befunde existieren unterschiedliche Parameter (Winkel, Strecken, Hilfslinien), die in der Beckenübersichtsaufnahme gemessen werden können. Diese werden in den Kapiteln III.4.2.1 und III.4.2.2 erläutert.

II.4.9 Operative Therapie

Die operative Therapie der angeborenen Hüftluxation setzt sich aus zwei Hauptkomponenten zusammen, nämlich einerseits der offenen Reposition des Hüftkopfes in die Hüftpfanne und andererseits der Durchführung gelenkverbessernder Maßnahmen.

Die Schwierigkeit bei der Behandlung der verspätet diagnostizierten DDH liegt vor allem in der Überwindung des kontrahierten Weichgewebes und im Erreichen der Stimulation von Remodellingsvorgängen im Azetabulum.⁶⁹

II.4.9.1 Offene Reposition

Je länger die angeborene Hüftluxation unerkannt bleibt – besonders ab einem Alter von 6 Monaten – desto kleiner wird die Wahrscheinlichkeit, dass eine Reposition des Gelenks mit konservativen Methoden erreicht werden kann. Bis zu einem Alter von 18 Monaten wird meist ein konservatives Vorgehen versucht. Im Alter von 18 bis 24 Monaten ist dies theoretisch auch noch möglich, jedoch nimmt in diesem Alter die Rate der fehlgeschlagenen und darauffolgenden offenen Repositionen zu. Ab einem Alter von 24 Monaten empfehlen die meisten Autoren eine primäre offene Reposition.^{70,71}

Der Grund für die Notwendigkeit der offenen Vorgehensweise liegt in den verschiedenen intra- und extraartikulären Strukturen, deren Anatomie sich im Laufe der Zeit immer stärker verändert, wodurch Sie zu Repositionshindernissen werden. Zu den extraartikulären Repositionshindernissen gehören die verkürzten Mm. adductor longus und iliopsoas. Zu den intraartikulären Hindernissen gehören der verdickte anteromediale Teil der Gelenkkapsel, das vergrößerte Lig. teres, das Lig. transversum, welches hypertrophiert und somit den inferioren Teil des Azetabulums einengt, in Gelenkpfanne eingelageretes Fett- und Bindegewebe und selten der sich ausbildende Neolimbus.^{11,17}

Bei der offenen Reposition ist demnach auf folgende Punkte zu achten:¹¹

- Das verdickte Ligamentum teres muss meistens reseziert werden,
- die Gelenkpfanne muss von eingelagertem Fett- und Bindegewebe befreit werden,
- das Ligamentum transversum muss eingekerbt werden,
- die erweiterte Gelenkkapsel muss gerafft werden,
- häufig ist eine aponeurotische Verlängerung des M. psoas nötig.¹¹

Für den weiteren Verlauf nach der Reposition ist von besonderer Bedeutung, dass verhindert wird, dass nach der Reposition ein zu hoher Gelenkdruck entsteht und dass der Femurkopf tief im Azetabulum zentriert ist.¹¹

Um zu verhindern, dass nach der Reposition durch die verkürzten Weichge-

webe ein zu großer Druck auf den Femurkopf ausgeübt wird, werden zwei Methoden angewendet. Entweder wird vor der Operation eine mehrwöchige Extensionsbehandlung durchgeführt, um die Weichgewebe zu dehnen und den Femurkopf auf die Höhe des Azetabulums zu bringen, oder die offene Reposition wird mit einer Verkürzungsosteotomie des Femurs kombiniert.⁷¹

Das genaue in dieser Untersuchung angewandte operationstechnische Vorgehen bei der Reposition wird in Kapitel III.2 beschrieben.

II.4.9.2 Gelenkverbessernde Maßnahmen

Als gelenkverbessernde Maßnahmen existieren Verfahren zur Operation am Beckenknochen (Beckenosteotomien) beziehungsweise direkt am Azetabulum (Azetabuloplastiken) sowie am proximalen Femurende (Umstellungs- und Verkürzungsosteotomien), die auch kombiniert eingesetzt werden können.

II.4.9.2.1 Becken und Azetabulum

Für das Becken bzw. das Azetabulum stehen zahlreiche Operationsverfahren zu Verfügung, die sich hauptsächlich nach dem Alter des Kindes und nach der Ausprägung des Befundes richten. Die Ziele sind das Erreichen eines stabil zentrierten Hüftgelenks mit Kongruenz von Kopf und Pfanne sowie die dauerhafte Entlastung der wachstumsgestörten Pfannendachbereiche.¹⁹

Die rekonstruierenden Eingriffe am Beckenknochen können in drei Gruppen eingeteilt werden⁷²:

1. Einfache reorientierende Osteotomien
 - Pemberton-Osteotomie
 - Dega-Osteotomie
 - Salter-Osteotomie
 - andere
2. Komplexe reorientierende Osteotomien
 - Steel-Osteotomie
 - Tönnis-Osteotomie
 - Ganz-Osteotomie
 - andere
3. Azetabulum-Augmentationen
 - Chiari-Osteotomie
 - Shelf-Osteotomie

In dieser Einteilung wird die Salter-Osteotomie den einfachen reorientierenden Beckenosteomien zugeordnet. Da mittels der Salter-Osteotomie jedoch eine dreidimensionale Korrektur vorgenommen wird, ist sie nach Ansicht des Autors nicht den einfachen Osteotomien zuzuordnen.

Die Pemberton- und die Dega-Osteotomie fallen in die Kategorie der Azetabuloplastiken. Das Prinzip besteht in der Hüftgelenkzentrierung durch eine Verbesserung der anterioren und lateralen – im Falle der Dega-Osteotomie auch der posterioren – Überdachung des Hüftkopfes und in der Entlastung der Ossifikationsstörung am lateralen Pfannenerker. Es wird oberhalb des Pfannendaches eingemeißelt, um einen knorpelbedeckten Anteil des Pfannendaches herabzubiegen und über den Hüftkopf zu schwenken. Auf diese Weise kann der AC-Winkel wieder einen Normalwert erreichen. Pfannendachplastiken werden vor allem bei Kindern unter 10 Jahren angewandt, da sich in diesem Alter das Pfannendach genügend mobilisieren lässt.^{14,19,72}

In seiner 1961 erschienenen Arbeit⁷³ stellte der aus Kanada stammende orthopädische Chirurg Robert B. Salter eine neue Methode zur operativen Behandlung der vom 18. Lebensmonat bis zum 6. Lebensjahr diagnostizierten DDH vor. Für ihn stellte das Hauptproblem nicht die Reposition selbst, sondern die Instabilität der Reposition sowohl bei der kompletten Luxation als auch bei der Subluxation dar. Nach seinen eigenen Beobachtungen liegt das zugrunde liegende Problem für diese Instabilität in der abnormalen Ausrichtung des gesamten Azetabulums, welches verstärkt nach anterolateral zeigt, anstatt nach kaudal. Dies hat zur Folge, dass der Hüftkopf in Extensions- sowie Adduktionsstellung, also der Gelenkstellung unter funktioneller Gewichtsbelastung, nur unzureichend überdacht ist und somit leicht luxiert. Entsprechend ist die Hüfte in Abduktions- und Flexionsstellung stabil. Diese Beobachtungen veranlassten Salter zu der Entwicklung seiner „Innominate Osteotomy“. Hierbei wird das Ilium oberhalb des Azetabulums linear horizontal durchtrennt. Das Kaudale Iliumfragment mit der Hüftpfanne wird dann nach kaudal, ventral und lateral über den Hüftkopf geschwenkt. Die noch nachgiebige knorpelige Symphyse dient hierbei als Drehpunkt. Die neue Position des Iliumfragmentes wird durch das Einsetzen eines autologen Knochentransplantates in den Osteotomiespalt gehalten. Dieses wird aus dem proximalen Teil des Iliums entnommen. Voraussetzung für diese OP ist ein zentrierter, reponierter Hüftkopf. Bei subluxierten oder luxierten Hüftköpfen ist dementsprechend eine offene oder geschlossene Reposition nötig. Da sich durch das Herabschwenken des Iliumfragmentes die Beinlänge vergrößert und vor allem die ventral der Gelenkkapsel verlaufenden Muskeln gespannt werden, können unter Umständen eine Verkürzungsosteotomie des Femurs sowie Tenotomien des M. Iliopsoas oder seltener der Adduktoren notwendig sein.^{19,72,74} Durch das Prinzip der Neuausrichtung des gesamten Azetabulums wird erreicht,

dass das reponierte Hüftgelenk in der funktionellen Gelenkstellung stabil ist. Dies wiederum erlaubt eine frühe Gewichtsbelastung, welche nach Salter förderlich für die weitere Entwicklung der knöchernen Strukturen des Hüftgelenkes ist.⁷³

Handelt es sich um höhergradige Dysplasien oder befinden sich die Patienten schon im Adoleszentenalter, reichen die einfachen Beckenosteotomien meistens nicht mehr aus, um ein befriedigendes Ergebnis zu erzielen. In diesen Fällen werden zum Beispiel die Double-Innominatum-Osteotomie nach Sutherland, die Steel-Osteotomie, die Tönnis-Osteotomie oder die Ganz-Osteotomie durchgeführt.^{19,72}

Bei der Double-Innominatum-Osteotomie werden sowohl das Os ilium, als auch das Os pubis durchtrennt. Sie erlaubt höhere Korrekturwinkel als die Salter-Osteotomie. Die Steel-Osteotomie stellt eine Dreifach-Osteotomie am Os ilium, Os pubis und Os ischii dar. Sie wird bei höhergradigen Dysplasien im späten Jugend- und Erwachsenenalter durchgeführt. Auch mit dieser Operation lassen sich höhere Korrekturwinkel als mit einer einfachen Osteotomie erreichen. Zusätzlich sind noch eine Rotation und Medialisierung des Pfannenfragments möglich. Eine weitere Dreifachbeckenosteotomie ist die Tönnis-Osteotomie. Sie stellt eine Modifikation des Verfahrens nach Steel dar. Durch langstreckige Osteotomien mit breitem Knochenkontakt kann eine geringe Pseudarthroserate erreicht werden. Die Ganz-Osteotomie ist ein komplexer Eingriff, der bei schweren Dysplasien mit einem im Vergleich zum Hüftkopf konzentrischen Azetabulum indiziert ist. Sie stellt eine periazetabuläre Osteotomie dar, bei der der Vorteil vor allem im Erhalt der dorsalen Beckensäule liegt, wodurch im Vergleich zu den Dreifachosteotomien eine erhöhte Stabilität gewährleistet werden kann.⁷²

Eine sogenannte Salvage-Operation stellt die Chiari-Osteotomie dar. Ihr Ziel ist eine Augmentation des Azetabulums. Es wird ein nicht mit Knorpel bedeckter Teil des Beckens über den Hüftkopf verlagert. Da die Gelenkkapsel komplett erhalten bleibt, kommt es im besten Fall im Bereich der lateralen Abstützung des Femurkopfes zu einer Metaplasie von zwischen Hüftkopf und Os ilium interponiertem Kapselgewebe zu Faserknorpelgewebe. Die Chiari-Osteotomie wird bei dysplastischen und luxierten Hüftgelenken angewendet, wenn eine konzentrische Reposition und Rekonstruktion aufgrund einer geringen Gesamtfläche des Azetabulums und einer Entrundung des Femurkopfes nicht möglich ist. Außerdem ist sie für in Subluxation stehende Hüftköpfe gedacht.^{14,72}

Die Shelf-Osteotomie ist eine weitere Möglichkeit, luxierte Hüftgelenke zu behandeln, wenn die konzentrische Reposition und Rekonstruktion nicht durchgeführt werden kann. Hierbei wird für die Azetabulumaugmentation ein ausreichend dicker Knochenspan unmittelbar oberhalb der Gelenkpfanne eingesetzt.⁷²

II.4.9.2.2 Proximales Femur

Obwohl bei der DDH die pathologisch-anatomischen Befunde hauptsächlich am Azetabulum zu finden sind, kommt es bei einer Subluxation oder Luxation häufig zu sekundären Veränderungen des proximalen Femurs. Hier findet sich vorrangig eine verstärkte Antetorsion und etwas seltener eine verstärkte Valgusstellung des Schenkelhalses. Aus diesem Grund ist die bei DDH am häufigsten durchgeführte Femurosteotomie die intertrochantäre Derotations-Varisations-Osteotomie (IDVO). Durch die dreidimensionale Korrektur sowohl der Antetorsion als auch unter Umständen der Valgusstellung kann ein tiefes Einstellen des Hüftkopfes in die Gelenkpfanne erreicht werden.^{11,14,72} Dies hat durch eine Verbesserung der Druckverteilung im Gelenk einen positiven Einfluss auf die weitere Entwicklung des Azetabulums.⁷⁵

Die Frage, ob und unter welchen Umständen in der operativen Behandlung der DDH eine intertrochantäre Femurosteotomie als gelenkverbessernde Maßnahme durchgeführt werden sollte, wurde immer wieder diskutiert. Die Autoren kommen in ihren Untersuchungen zu unterschiedlichen Ergebnissen.⁷⁶

Grundgedanke bei dem Prinzip der intertrochantären Derotations-Varisations-Osteotomie ist die Normalisierung der Druckverhältnisse im Hüftgelenk durch eine polyaxiale Korrektur des proximalen Femurendes. Fehlstellungen des Schenkelhalses, wie eine verstärkte Anteversion oder Valgusstellung, können zur Instabilität des Hüftgelenks beitragen und eine normale Weiterentwicklung des Azetabulums behindern. Sie erlangen erst dann Bedeutung, wenn sie zur Subluxation des Gelenkes führen. Eine schwere Coxa valga prädisponiert zur Subluxation nach lateral, eine starke Antetorsion zur Subluxation nach ventral. Durch eine Osteotomie, die sowohl die Valgusstellung als auch die Antetorsion verringert, können in solchen Fällen die Einstellung des Hüftkopfes in der Gelenkpfanne sowie die biomechanischen Verhältnisse des Hüftgelenks verbessert werden. Außerdem wird ein positiver Einfluss auf die Remodellingsvorgänge des dysplastischen Azetabulums ausgeübt.^{14,39,44,76,77}

Ein weiterer Grund für die Durchführung einer Femurosteotomie ist die Tatsache, dass die postoperative Hüftkopfnekroserate höher zu sein scheint, wenn eine das Azetabulum herabbiegende Beckenosteotomie nicht mit einer variierenden oder verkürzenden Osteotomie des Femurs kombiniert wird.⁷⁶

Häufig wird nach einer Varisation im postoperativen Verlauf eine Revalgisierung des Schenkelhalses beobachtet. Dies spricht jedoch nicht gegen die Durchführung einer Varisationsosteotomie.⁷⁶ Sollte nach der Durchführung einer intertrochantären Femurosteotomie eine Beinlängendifferenz vorliegen, so kann vielmehr davon ausgegangen werden, dass diese durch den durch

die OP hervorgerufenen Wachstumsreiz und die regelmäßig beobachtete Revalgisierung wieder ausgeglichen wird.^{39,44} Selten kommt es vor, dass eine korrigierte übermäßige Antetorsion sich postoperativ wieder zurückdreht.⁴⁴

II.4.9.3 Komplikationen

Nach der operativen Therapie der DDH kann es zu Komplikationen kommen. Die wichtigsten Komplikationen in der frühen Phase nach der Operation sind die Hüftkopfnekrose, die Reluxation und die Gelenkinfektion. Das Auftreten dieser drei Komplikationen wurde in dieser Studie untersucht. Besonders auf die Hüftkopfnekrose, aber auch auf die Reluxation wird im Folgenden ausführlicher eingegangen.

II.4.9.3.1 Hüftkopfnekrose

Eine ernste Komplikation, die nach der konservativen oder operativen Behandlung der DDH auftreten kann, ist die Hüftkopfnekrose.⁷⁸ Sie ist in den meisten Fällen eine Behandlungsfolge, kommt aber seltener auch bei unbehandelter DDH vor.¹¹ Sie kann zu bleibenden Deformitäten des Hüftkopfes und des Schenkelhalses wie auch zu einer unzureichenden Ausbildung des Azetabulums führen und hat deswegen eine schlechte Prognose.⁷⁹ Es konnte zum Beispiel gezeigt werden, dass Hüftgelenke, die nach einer konservativen Reposition bei DDH eine Hüftkopfnekrose entwickelten, eine schlechtere Prognose haben als unbehandelte Patienten mit DDH.^{80,81}

Die Hüftkopfnekroseraten variieren zwischen verschiedenen Untersuchungen stark. Es werden Raten zwischen 3% und 63,3% angegeben.^{1-5,82-92} Dabei ist zu beachten, dass sich die verschiedenen Studien in vielen Faktoren wie Patientenalter, Nachuntersuchungszeitraum und Operationsmethode unterscheiden.

Tönnis¹⁴ fasst vier wesentliche Ursachen für die Hüftkopfnekrose zusammen. Als eine der Ursachen nennt er den Verschluss von innerhalb der Epiphyse verlaufenden Blutgefäßen durch Kompression des unreifen Hüftkopfes in bestimmten Immobilisationsstellungen, wie der Lorenz-Stellung⁹³ (90° Flexion, 90° Abduktion, oder der Lange-Stellung⁹⁴ (50° Abduktion und forcierte Innenrotation). Im Falle der Lorenzstellung ist die extreme Abduktion ausschlaggebend, im Falle der Lange-Stellung die extreme Innenrotation.^{79,95,96} Weiterhin kann eine mechanische Schädigung des Hüftkopfes durch umschriebenen Druck eine Hüftkopfnekrose verursachen. Dieser kann zum Beispiel von einem eingerollten Limbus oder wulstigen Pfannenrand bei nicht einwandfreier Reposition des Hüftkopfes in die Pfanne ausgeübt werden. Auch hier spielt laut Tönnis eine Verminderung der Durchblutung sicherlich eine Rolle.¹⁴ Als dritte Ursache kommt eine mechanische Beeinträchtigung des Blutflusses in

der A. femoris medialis in bestimmten Extremstellungen, vor allem in starker Abduktionsstellung, in Betracht. Dies ist auch bei unbehandelten, älteren Kindern mit luxierten Gelenken durch Überdehnung der den Hüftkopf versorgenden Gefäße möglich. Als vierte Ursache nennt Tönnis individuelle prädisponierende Faktoren des Gefäßsystems.¹⁴

Für die Diagnosestellung sind die von Salter⁷⁹ eingeführten Diagnosekriterien die am häufigsten verwendeten⁹⁷:

1. Ausbleiben der Verknöcherung des Epiphysenkerns am Hüftkopf über einen Zeitraum von einem Jahr oder länger nach Reposition.
2. Ausbleiben des Wachstums eines bereits bestehenden Knochenkerns über einen Zeitraum von einem Jahr oder länger nach Reposition.
3. Verbreiterung des Schenkelhalses in einem Zeitraum von einem Jahr nach der Reposition.
4. Erhöhte Dichte der Knochenstruktur im Röntgenbild mit darauffolgender Fragmentierung des Femurkopfes.
5. Residuelle Deformierung des Hüftkopfes oder des Schenkelhalses (Coxa magna, Coxa vara, Coxa plana oder kurzer, breiter Schenkelhals) nach Abschluss der Reossifikation.

Ist die Diagnose Hüftkopfnekrose gestellt, lässt sich das Krankheitsbild in verschiedene Typen unterteilen. Mit der Frage, wie man die kindliche Hüftkopfnekrose einteilen kann, haben sich mehrere Autoren beschäftigt.^{80,98,99} Das Klassifikationssystem von Kalamchi und McEwen⁸⁰ ist vor allem im angloamerikanischen Raum eines der meistgenutzten.^{19,97} Es teilt die Hüftkopfnekrose in vier Gruppen ein und betrachtet vor allem auch die Beteiligung der Epiphysenfuge (siehe Tab. II-2).

Tab. II-2 Klassifikationssystem für die Hüftkopfnekrose nach Kalamchi und McEwen⁸⁰

Gruppe 1	Veränderungen des Hüftkopfkerns: Verspätetes Erscheinen des Hüftkopfkerns oder fleckiges Erscheinungsbild der knorpeligen Vorstufe. Langzeitergebnisse meist gut. Keine funktionellen Einschränkungen nach Abschluss der Skelettreife. Radiologisch minimale Veränderungen.
Gruppe 2	Schädigung der lateralen Epiphyse: Ähnliche Veränderungen des Hüftkopfes wie in Gruppe 1. Zusätzlich laterale Epiphyse betroffen. Führt zu folgenden Problemen: Fortschreitend unzureichende Hüftkopfüberdachung aufgrund von Valgusstellung (Kopf-im-Nacken-Lage) und Verkürzung des Schenkelhalses, normales und damit relativ verstärktes Wachstum des Trochanter major, Beinlängendifferenz. Die Folge sind frühe degenerative Veränderungen.
Gruppe 3	Schädigung der zentralen Epiphyse: Ähnliche Veränderungen des Hüftkopfes wie in Gruppe 1 und 2. Zentrale Schädigung der Epiphyse führt zu verlangsamtem oder sistierendem Schenkelhalswachstum. Kurzer Schenkelhals ohne wesentliche Änderung des CCD-Winkels. Normales Wachstum des Trochanter major führt zu Coxa vara. Mäßige Beinlängendifferenz. Spätere Dysplasie des Azetabulums und frühe degenerative Veränderungen möglich.
Gruppe 4	Totale Schädigung des Hüftkopfes und der Epiphyse: Verzögerte Ossifikation, Unregelmäßigkeit und Abflachung des Hüftkopfes sowie Coxa magna. Unregelmäßigkeit, Verbreiterung, Verkürzung, Varusstellung des Schenkelhalses, Trochanterhochstand und Beinlängendifferenz. Persistierende Dysplasie des Azetabulums, fortschreitende Subluxation und degenerative Veränderung der Hüfte.

Eine von Tönnis^{14,100} entwickelte Einteilung, die sich im deutschsprachigen Raum durchgesetzt hat¹⁹, betrachtet vorwiegend die Veränderungen des Hüftkopfes selbst. (siehe Tab. II-3) Tönnis schlug vor, seine Klassifikation mit der von Kalamchi und McEwen zu kombinieren, sodass die Grade der Beteiligung des Hüftkopfes mit Graden der Beteiligung der Epiphyse (lateraler, zentraler, medialer oder kompletter Befall) kombiniert werden können, um somit eine möglichst umfassende Beschreibung der Befunde zu ermöglichen.¹⁴

Tab. II-3 Klassifikationssystem für die Hüftkopfnekrose nach Tönnis.¹⁴

Grad 1	Leichteste Grade der Veränderungen, Hüftkopfkern leicht unscharf in der Benennung, leicht körnig und etwas unregelmäßig in der Struktur. Prognose: Im Allgemeinen folgenloses Abklingen.
Grad 2	Rand des Kopfkerns unregelmäßiger, Struktur stärker aufgelockert und körniger als bei Grad 1, evtl. auch Zystenbildung im Inneren des Kopfkerns. Zweite Form: Ausgestanzte Teildefekte, oft als kleiner Einschnitt in der lateralen Kopfoberfläche zu erkennen. Prognose: Veränderungen bilden sich meist weitgehend zurück, evtl. leichte Kopfabplattungen.
Grad 3	Hüftkopfkern im Ganzen schollig zerfallen, nur in einzelnen Fragmenten oder als flacher Streifen erkennbar. Sehr kleine Kopfkernkerne völlig aufgelöst. Auch noch nicht verknöcherte Kerne erleiden Nekrosen, diese sind erst nach vielen Monaten sichtbar. Prognose: Verformungen des Kopfes und des Schenkelhalses zunächst sichtbar, können sich bei Unversehrtheit der Wachstumsfuge zurückbilden.
Grad 4	Zusätzlich Beteiligung der Epiphyse. Unregelmäßigkeiten an den Rändern der Epiphyse am Schenkelhals. Prognose: Spätere Valgus-/Varusdeformität oder Schenkelhalsverkürzung.

Eine spezifische Behandlung der Hüftkopfnekrose im Kindesalter nach Reposition der DDH gibt es eigentlich nicht. Man kann nur die Bedingungen für die Heilung und ein formgerechtes Wachstum durch das Erreichen einer tiefen Hüfteinstellung und ausreichenden Umfassung des Hüftkopfes durch ein sphärisches Azetabulum verbessern.^{97,101} Unter den häufiger durchgeführten Eingriffen finden sich die Epiphyseodese am Trochanter major, die Distalisierung des Trochanter major, sowie Varisierungs- und Valgisierungsosteotomien. Außerdem werden mit dem Ziel, die Hüftkopfüberdachung zu verbessern, auch Eingriffe am Becken wie die Azetabuloplastik oder im späteren Verlauf die Dreifachbeckenosteotomie durchgeführt, unter Umständen kombiniert mit den Operationsverfahren am Femur.^{97,101}

Die Indikation zu den verschiedenen Eingriffen ist oft schwierig zu stellen, weil man nicht weiß, wie der Spontanverlauf sein wird und ob ein Eingreifen im Stadium der Nekrose gefährlich oder nützlich ist. Jeder einzelne Fall sollte einer individuellen Behandlung zugeführt werden, da sich große Unterschiede in der Ausprägung der Hüftkopfnekrose finden. Zwar gibt es keine biologischen Möglichkeiten, den Kopfaufbau wesentlich zu fördern, eine positive Lenkung des Hüftkopfwachstums ist aber durch exakte Reposition, günstige

Einstellung in der Belastungsebene und gutes Containment durch das Azetabulum möglich. Allgemein sollten operative Korrekturen möglichst im Wachstumsstadium erfolgen, um die Entwicklung des Hüftkopfes noch beeinflussen zu können. Ist durch das Azetabulum ein genügendes Containment des Hüftkopfes gegeben ist, genügt es bei vielen Hüften auch abzuwarten und zu beobachten. Nach Abschluss des Wachstums kann eine bessere Hüftkopfüberdachung notfalls auch noch mit der Dreifachosteotomie des Beckens erreicht werden, jedoch ohne die Entwicklung des Hüftkopfes beeinflussen zu können.¹⁰¹

II.4.9.3.2 Reluxation

Eine Reluxation in der frühen postoperativen Phase nach offener Reposition kann verschiedene Ursachen haben. Zu diesen zählen die nicht zentrierte Reposition aufgrund einer ungenügenden Beseitigung der Repositionshindernisse, eine ungünstige femorale Rotationsstellung, eine ungenügende Hüftkopfüberdachung durch das Azetabulum, eine zu lockere Gelenkkapsel und eine inadäquate postoperative Immobilisation. Wenn nach einer Reluxation auch nach einer erneuten konservativen Einstellung des Hüftgelenks und einer fortgeführten Immobilisation keine stabilen Gelenkverhältnisse erzielt werden können, ist die Indikation zu einer operativen Revision gegeben.⁷¹

Die häufigsten Gründe für eine Reluxation sind operationstechnische Fehler wie eine ungenügende Darstellung des Gelenkes, ungenügende Beseitigung von Repositionshindernissen, wie der verengten inferioren Gelenkkapsel und des hypertrophierten Ligamentum transversum und ungenügendes Lösen verkürzter Muskeln.¹⁰²⁻¹⁰⁵ Nach einer erneuten offenen Reposition nach erfolgter Reluxation werden Hüftkopfnekroseraten von 44% bis 66,6% angegeben.^{102,104,105}

III. Methodik

III.1 Patientenkollektiv und Untersuchungsgut

Im Zeitraum von 2004 bis 2011 wurden am Standort Großhadern des Klinikums der Ludwig-Maximilians-Universität München 16 Patienten mit im Laufalter diagnostizierter DDH primär mittels einer offenen Hüftgelenksreposition, einer Beckenosteotomie nach Salter und einer intertrochantären Umstellungsosteotomie behandelt.

Die Einschlusskriterien für die Aufnahme in diese Untersuchung stellen sich wie folgt dar:

- Diagnose: Angeborene Hüftluxation, mindestens Grad 2 nach Tönnis¹⁴.
- Die Diagnose wurde erst im Laufalter des Kindes gestellt.
- Der Patient wurde nicht vorbehandelt.
- Es liegt eine präoperative, eine postoperative und eine zur Verlaufskontrolle in konventioneller Röntgentechnik angefertigte Beckenübersichtsaufnahme vor.
- Es liegen schriftlich dokumentierte präoperative und postoperative klinische Untersuchungsbefunde vor.

Sechs der 16 Patienten wurden beidseits operiert, sodass insgesamt 22 Hüftgelenke operiert wurden. Von den 16 Patienten sind 14 weiblich und 2 männlich. 19 der 22 operierten Hüftgelenke gehören weiblichen Patienten und 3 Hüftgelenke gehören männlichen Patienten. Es wurden 9 rechtsseitige und 13 linksseitige Hüftgelenke behandelt (siehe Tab. III-1).

Die Geburtsdaten der Patienten liegen im Zeitraum von 1995 bis 2008. Das Durchschnittsalter bei der Operation liegt bei 4,8 Jahren (1,3 – 13,2 Jahre). Die durchschnittliche Zeit vom Operationszeitpunkt bis zum Zeitpunkt der letzten radiologischen Nachuntersuchung (radiologische Follow-Up-Zeit) liegt bei 20,0 Monaten (8,7 – 83,5 Monate). Die durchschnittliche klinische Follow-Up-Zeit liegt bei 22,1 Monaten (3,1 – 83,5 Monate).

9 Patienten wurden in den Vereinigten Arabischen Emiraten geboren, vier Patienten in Deutschland, zwei im Irak, und einer in Rumänien.

Für jedes operierte Hüftgelenk wurden ein präoperatives Röntgenbild, ein Röntgenbild, welches kurz nach der Operation angefertigt wurde und das aktuellste Röntgenbild ausgewertet. Es handelt sich bei den Röntgenbildern um konventionell angefertigte Beckenübersichtsaufnahmen.

Die klinischen Untersuchungsbefunde wurden aus den Patientenakten entnommen.

Tab. III-1 Patientenkollektiv

Untersuchungszeitraum: 2004-2011; aufsteigend sortiert nach OP-Alter; Nr. = Patientennummer; Land = Herkunftsland; VAE = Vereinigte Arabische Emirate, BRD = Deutschland, Rum = Rumänien; G = Geschlecht; w = weiblich, m = männlich; KS = Körperseite; R = rechts, L = Links; Tönnis = Grad der Hüftluxation nach Tönnis präoperativ; J = Jahre, M = Monate; OP-A = OP-Alter in Jahren; rad. FU = radiologische Follow-Up-Zeit in Monaten; klin. FU = klinische Follow-Up-Zeit in Monaten

Nr.	Land	G	KS	Unil./Bil.	Tönnis	OP-A	rad. FU	klin. FU
1	VAE	w	L	unilateral	2	1,3	12	12
2	VAE	w	L	unilateral	2	1,5	14	14
3	VAE	m	R	unilateral	2	1,6	10	10
4	VAE	w	R	unilateral	2	1,9	9	10
5a	VAE	w	L	bilateral	2	1,9	10	12
5b	VAE	w	R	bilateral	4	1,9	9	11
6	BRD	w	L	unilateral	2	2,1	25	10
7	VAE	w	L	unilateral	3	2,2	13	12
8a	VAE	w	R	bilateral	4	2,5	14	14
8b	VAE	w	L	bilateral	4	2,6	13	13
9	BRD	w	L	unilateral	4	3,3	17	29
10	BRD	w	L	unilateral	3	4,1	19	31
11a	VAE	w	R	bilateral	4	4,9	12	12
11b	VAE	w	L	bilateral	4	5,0	11	11
12a	VAE	w	L	bilateral	4	5,3	10	10
12b	VAE	w	R	bilateral	4	5,4	9	9
13a	Rum	w	R	bilateral	3	6,0	16	6
13b	Rum	w	L	bilateral	3	6,3	13	3
14	Irak	w	L	unilateral	3	9,3	84	84
15	Irak	w	R	unilateral	3	10,4	51	51
16a	BRD	m	L	bilateral	2	12,8	38	38
16b	BRD	m	R	bilateral	2	13,2	33	33

III.2 Operationstechnik

Im Folgenden wird das in dieser Untersuchung angewandte operationstechnische Vorgehen bei der offenen Reposition, der Beckenosteotomie nach Salter

und der intertrochantären Umstellungsosteotomie im Detail beschrieben. Die Operation wird in Vollnarkose durchgeführt. Der Patient liegt in Rückenlage, wobei das Becken auf der Operationsseite um etwa 30° angehoben wird. Zunächst wird das OP-Gebiet steril abgewaschen und der Patient steril abgedeckt. Es erfolgt ein bogenförmiger Hautschnitt im Bereich der Leiste mit Durchtrennung der Cutis und Subcutis. Nun wird die Sartoriusloge längs eröffnet, der Nervus cutaneus femoris lateralis wird dargestellt, und zusammen mit dem Musculus sartorius nach medial gehalten. Nun wird die Beckenkammappophyse längs gespalten und das Periost des Os ilium wird innen- sowie außenseitig abgehoben. Nach dem Einlegen von Hohmann-Knochenhebeln in das Foramen ischiadicum wird der Ursprung des Musculus rectus femoris aufgesucht. Der Muskel wird angeschlungen und etwa 3 cm nach distal präpariert. Jetzt wird die Hüftgelenkkapsel sichtbar. Diese wird durch einen T-förmigen Schnitt eröffnet, wodurch der Hüftkopf sichtbar wird. Es folgt die Identifizierung des Ligamentum Capitis femoris, welches unterfahren und abgetrennt wird. Der Hüftkopf kann nun mobilisiert und der Hüftpfannengrund mit einer Luer-Knochenzange von Pulmina befreit werden. Das Ligamentum capitis femoris wird an seinem Ursprung reseziert. Die medial meist stark verkürzte Gelenkkapsel wird eingekerbt. Zusätzlich muss oft der ventral störende Musculus psoas an seinem sehnigen Anteil eingekerbt werden. Nun kann die Pfanne mit dem Labrum acetabulare gut eingesehen und beurteilt werden. Es wird jetzt der Hüftkopf in die Gelenkpfanne eingestellt, wobei durch Rotations- und Abduktionsbewegungen die Gelenkstellung herausgefunden wird, bei der der Hüftkopf am stabilsten in der Pfanne eingestellt ist. An diesen Winkelwerten für die Rotation und Abduktion orientieren sich die Winkelwerte für die folgende intertrochantäre Umstellungsosteotomie. Sollte der Operateur an dieser Stelle den Eindruck haben, dass bei der Einstellung des Hüftkopfes in der Pfanne ein zu starker Druck auf den Hüftkopf ausgeübt wird, wird zusätzlich zur Derotation und Varisation auch eine Verkürzung des Femurs durchgeführt werden. Die Wunde wird geschlossen und mit Kompressen bedeckt.

Nun wird ein längs verlaufender Hautschnitt lateral über dem koxalen Femurende durchgeführt. Nach Durchtrennung der Cutis und der Subcutis wird die Fascia lata längs aufgespalten und der Musculus vastus lateralis L-förmig abgelöst. Die Wachstumszone am Trochanter major wird markiert. Nun kann unter Bildwandlerkontrolle das Plattensitzinstrument unter Berücksichtigung des gewünschten varisierenden Korrekturwinkels eingeschlagen werden. Um die noch durchzuführende Rotation darstellen zu können, werden von ventral zwei Kirschner-Drähte parallel in den Femurschaft eingebracht. Es erfolgt nun die intertrochantäre Osteotomie, das Plattensitzinstrument wird durch eine Kleinkinderplatte mit 90°-Winkel ersetzt. Der Femurschaft wird entsprechend des zuvor ermittelten Korrekturwinkels rotiert und gegebenenfalls wird eine Verkürzung des Femurs vorgenommen. Daraufhin wird die Platte mit drei Kortikalisschrauben am Femurschaft fixiert.

Nun wird über den Leistenzugang die Gelenkkongruenz kontrolliert. Danach wird mit der Durchführung der Beckenosteotomie begonnen. Die Beckenkammmapophyse wird weiter aufgespalten und eine Gigli-Säge durch das Foramen ischiadicum gefädelt. Das Os ilium wird oberhalb des Azetabulums geradlinig durchsägt, außerdem wird die Sehne des Musculus psoas reseziert. Vom Beckenkamm wird ein Knochenspan mit einem Neigungswinkel von etwa 30° gewonnen. Das distale Beckenfragment wird nach ventral und lateral gekippt, der Knochenspan wird in den Osteotomiespalt eingesetzt und durch das Einbringen von zwei bis drei Kirschner-Drähten gesichert. Nun wird nochmals die Gelenkkongruenz überprüft. Ist der reponierte Hüftkopf stabil in der Gelenkpfanne eingestellt, ist das Ergebnis zufriedenstellend und die Operation kann zu Ende geführt werden. Zeigt sich eine weiterhin bestehende Instabilität, so muss an dieser Stelle nach der Ursache gesucht werden. Unter Umständen müssen gewisse Korrekturwinkel nochmals verändert werden. Bei guter Gelenkkongruenz wird der Musculus rectus femoris readaptiert und die Beckenkammmapophyse sowie die Oberschenkelfaszie mit Einzelknopfnähten verschlossen. Es folgen die Subkutan- und die Hautnaht mit monofilem, resorbierbarem Faden in der Leiste. Der Musculus vastus lateralis wird L-förmig refixiert, der Tractus iliotibialis genäht, die Oberschenkelwunde wird durch Subkutan- und Hautnähte mit monofilem Faden geschlossen. Daraufhin wird ein steriler Wundverband angelegt. Der Patient kann nun in Neutralposition gelagert und nochmals unter Bildwandlerkontrolle untersucht werden. Bei zufriedenstellender Gelenkkongruenz erfolgen die Anlage eines Becken-Bein-Gipses und die nochmalige Röntgenkontrolle. Der Becken-Bein-Gips wird in der Regel für etwa 6 Wochen belassen. Nach der sechswöchigen Gipstherapie werden in der Regel auch die Kirschner-Drähte aus dem Becken entfernt. Die in das Femur eingebrachten Winkelplatten werden nach ungefähr einem Jahr entfernt.

III.3 Klinische Befunde

Die im Folgenden dargestellten klinischen Untersuchungen wurden bei der Erstvorstellung und bei den Nachuntersuchungen durchgeführt. In dieser Arbeit werden die klinischen Untersuchungsergebnisse der präoperativen Untersuchung und der letzten Nachuntersuchung dargestellt. In den Patientenakten waren das Vorhandensein einer Beinlängendifferenz, des Trendelenburg-Duchenne-Zeichens, einer Einschränkung der Beweglichkeit des Hüftgelenkes und von Schmerzen ausreichend dokumentiert, sodass diese Parameter in die Studie aufgenommen werden konnten.

III.3.1 Beinlängendifferenz

Ist bei einem Patienten eine Beinlängendifferenz vorhanden, sinkt das Becken auf der Seite des verkürzten Beines ab. Zur Messung der Beinlängendifferenz

stellt sich der Patient bei der Untersuchung mit dem verkürzten Bein auf unterschiedlich hohe Holzplatten, bis ein Beckengradstand erreicht wird. Die Höhe der Holzplatte entspricht dann der Verkürzung des Beines in Zentimetern. Verwendet wurden Holzplatten, deren unterschiedliche Höhen sich in Abstufungen von jeweils 0,5 cm ergaben.

III.3.2 Trendelenburg-Duchenne-Zeichen

Zur Untersuchung des Trendelenburg-Duchenne-Zeichens wird der Patient beim Stehen auf einem Bein und beim Gehen inspiziert (siehe II.4.8.1.1). Das Trendelenburg-Duchenne-Zeichen wurde als positiv gewertet, wenn das Becken auf der Spielbeinseite deutlich absank oder der Patient zusätzlich den Oberkörper zur Standbeinseite neigte, um das Absinken des Beckens auf der Spielbeinseite auszugleichen. Ließ sich bei der Inspektion nur ein dezentes Absinken des Beckens feststellen, so wurde ein minimal positives Trendelenburg-Duchenne-Zeichen vermerkt. Als negativ wurde das Zeichen gewertet, wenn ein unauffälliges Gang- und Standbild ohne ein Absinken des Beckens vorlag.

III.3.3 Einschränkung der passiven Hüftgelenksbeweglichkeit

Bei allen Patienten wurde eine passive Beweglichkeitsprüfung beider Hüftgelenke durchgeführt. Hierbei wurden die Bewegungsausmaße der Extension, Flexion, Abduktion, Adduktion, sowie der Innen- und Außenrotation überprüft.

Für die Messung der Flexion befindet sich das Kind in Rückenlage. Das zu untersuchende Hüftgelenk wird dann bei gebeugtem Kniegelenk maximal flektiert, wobei die Lendenlordose ausgeglichen wird. Das normale Ausmaß der Flexion liegt bei 120-140°. Hebt sich bei maximaler Flexion des Hüftgelenks und Ausgleich der Lendenlordose das kontralaterale Femur von der Untersuchungslage, so liegt im kontralateralen Hüftgelenk eine Beugekontraktur vor.

Für die Messung der Extension befindet sich das Kind in Seitenlage. Hierbei wird das untere, nicht zu untersuchende Hüftgelenk in maximaler Flexionsstellung fixiert, um eine Hyperlordose der Lendenwirbelsäule zu verhindern. Die normale Extension beträgt ungefähr 10-15°.

Die Messung der Abduktion und der Adduktion wird in Rückenlage durchgeführt. Bei der Überprüfung der Adduktion muss das kontralaterale Bein angehoben werden. Die normale Abduktion beträgt etwa 40-70°, während das normale Adduktionsausmaß ungefähr bei 30-60° liegt.

Das Ausmaß der Innen- und Außenrotation kann einerseits in Rückenlage mit um 90° gebeugtem Hüftgelenk und andererseits in Bauchlage mit gestrecktem Hüftgelenk untersucht werden. Das Kniegelenk ist dabei jeweils um 90° gebeugt. Der Unterschenkel kann bei der Untersuchung als „Zeiger“ benutzt werden. Bei gebeugtem Hüftgelenk beträgt die normale Innenrotation 40-80° und die Außenrotation 30-70°. Bei gestrecktem Hüftgelenk liegen die Werte jeweils bei 40-80° und 30-60°. ¹¹

Leider sind die Bewegungsausmaße in den Patientenakten nicht in allen Fällen exakt dokumentiert. Stets ist jedoch dokumentiert, ob eine eingeschränkte Beweglichkeit vorlag oder nicht. Daher fließt diese Information in die Auswertung mit ein.

III.3.4 Hüftgelenksschmerzen

Im Rahmen der klinischen Untersuchung wurde der Patient und im Falle der sehr jungen Patienten auch die Eltern nach dem Vorhandensein von Schmerzen im Bereich des betroffenen Hüftgelenkes befragt. Hierbei war es nicht möglich, eine Abstufung der Schmerzen auszuwerten, sondern lediglich das Vorhandensein bzw. die Abwesenheit von Schmerzen.

III.4 Radiologische Befunde

III.4.1 Anfertigung der Röntgenbilder

Jedes erkrankte Hüftgelenk wurde in einem präoperativ, einem postoperativ und einem bei der Follow-Up-Untersuchung angefertigten Röntgenbild untersucht und vermessen. Es handelt sich bei diesen Röntgenbildern um in konventioneller Röntgentechnik angefertigte Beckenübersichtsaufnahmen.

III.4.2 Vermessung der Röntgenbilder

Um die verschiedenen Beurteilungsparameter in den Beckenübersichtsaufnahmen genau vermessen zu können, muss sichergestellt werden, dass der Patient bei der Anfertigung der Bilder korrekt gelagert wurde. Hierfür stehen bestimmte Indizes zur Verfügung (Abb. III-1).

Durch den Drehungsquotienten des Beckens wird überprüft, ob eine übermäßige Drehung des Beckens um die Körperlängsachse nach links oder rechts vorliegt. Er stellt den Quotienten aus dem Querdurchmesser des rechten Foramen obturatum und dem linken Foramen obturatum dar. Hierbei werden Werte zwischen 0,56 und 1,80 toleriert. Anhand des Beckenkippsindex nach Ball und Kommenda wird beurteilt, ob eine zu starke Aufrichtung oder Kippung des Beckens um die Transversalachse vorliegt. Dieser Index wird aus dem Quotienten des senkrechten Durchmessers des Foramen obturatum und dem Abstand des Os pubis zwischen Os pubis und der Hilgenreiner-Linie gebildet. Hier liegt der Normbereich bei 1,2-0,75.

Konnte ein Parameter in einem der Röntgenbilder nicht oder nur ungenau vermessen werden, so wird an der entsprechenden Stelle darauf hingewiesen.

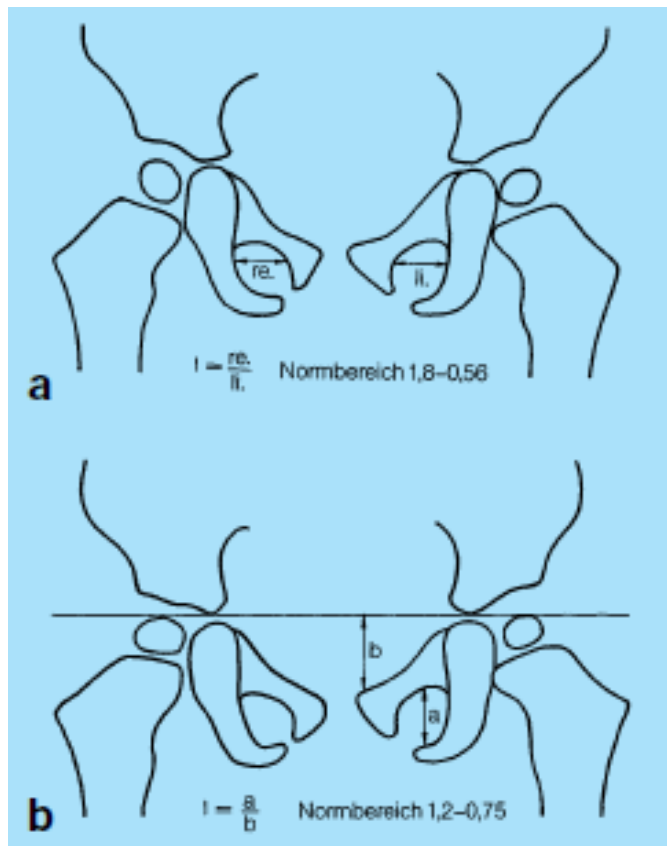


Abb. III-1 Schematische Darstellung: Drehungsquotient des Beckens und Beckenklippungsindex (aus ⁴⁶)

III.4.2.1 Definition wichtiger Bezugspunkte und -linien

III.4.2.1.1 Hilgenreiner-Linie

Die Hilgenreiner-Linie wurde erstmals 1925 von Hilgenreiner¹⁰⁶ als die Verbindung beider Y-Fugen beschrieben. Sie verläuft bei Beckengradstand senkrecht zur Beckenlängsachse. Etwas genauer definierte Tönnis die Hilgenreiner-Linie als die Verbindungslinie der beiden kaudalsten Punkte des Os Ilium in der Y-Fuge¹⁴ (Abb. III-2). In dieser Arbeit wurde diese leicht modifizierte Definition verwendet. Ab einem gewissen Patientenalter ist die Y-Fuge soweit verknöchert, dass man sie im Röntgenbild nicht mehr erkennen kann. Zu diesem Zeitpunkt ist es nicht mehr möglich, die Hilgenreiner-Linie zu konstruieren.

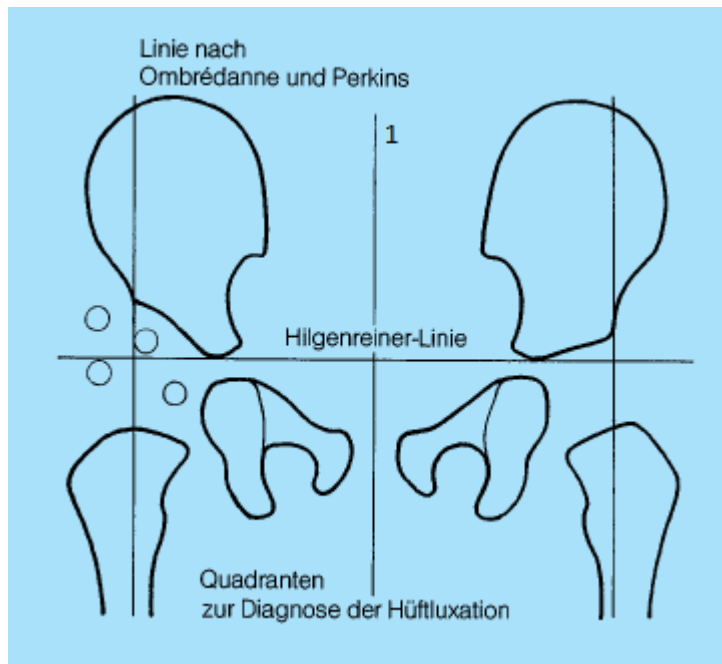


Abb. III-2 Schematische Darstellung der Hilgenreiner-Linie und der Ombrédanne-Perkins-Linie (modifiziert aus ⁴⁶⁾)

III.4.2.1.2 Beckenlängsachse

Die Beckenlängsachse stellt in dieser Arbeit eine Linie dar, die durch die Mitte der Symphysenfuge und das Promontorium des Os sacrum verläuft. Sie steht bei Beckengeradstand im rechten Winkel zur Hilgenreiner-Linie (Linie 1 in Abb. III-2).

III.4.2.1.3 Ombrédanne-Perkins-Linie

Die Linie nach Ombrédanne¹⁰⁷ und Perkins¹⁰⁸ verläuft senkrecht zur Körperlängsachse durch den Pfannenerker und schneidet orthogonal die Hilgenreiner-Linie¹⁴ (Abb. III-2).

III.4.2.1.4 Pfannenerker

Als Pfannenerker bezeichnet man die laterale Begrenzung des Pfannendaches in der Frontalebene. Er stellt eine der wichtigsten Strukturen bei der radiologischen Beurteilung der kindlichen Hüftdysplasie dar. Vielen in dieser Arbeit gemessenen Parametern dient er als Bezugspunkt.

Tönnis weist darauf hin, dass der Pfannenerker manchmal abgerundet ist, oder eine Delle aufweist. Er definiert daher den Pfannenerker als den Punkt, der am Ende der eigentlichen Rundung des Pfannendaches und nicht außer-

halb von diesem liegt. Weiterhin betont er, dass sich beim Vorliegen einer gewissen Beckenkipfung der hintere und der vordere Pfannenrand nicht exakt aufeinander projizieren. In diesem Fall liegt der Pfannenerker auf dem Schnittpunkt der beiden Projektionslinien.¹⁴

Einen Befund, welcher häufig bei der DDH vorliegt und welcher sich auch im Untersuchungsgut zeigte, beschreibt Rejholec¹⁰⁹ in seiner Arbeit als das sogenannte zweiteilige Azetabulum. Hierbei lassen sich im Röntgenbild ein innerer und ein äußerer Teil des Azetabulums, die durch eine Kante getrennt sind, erkennen (Abb. III-3). Diese Verformung wird durch den Druck des subluxierten Femurkopfes auf den oberen Teil des Azetabulums hervorgerufen. Der Femurkopf hat in diesem Fall keinen Kontakt zum inneren, sondern nur zum äußeren Teil des Azetabulums.¹⁰⁹

Als Pfannenerker definierten wir in diesem Fall das laterale Ende des Daches des äußeren Teils des Azetabulums.

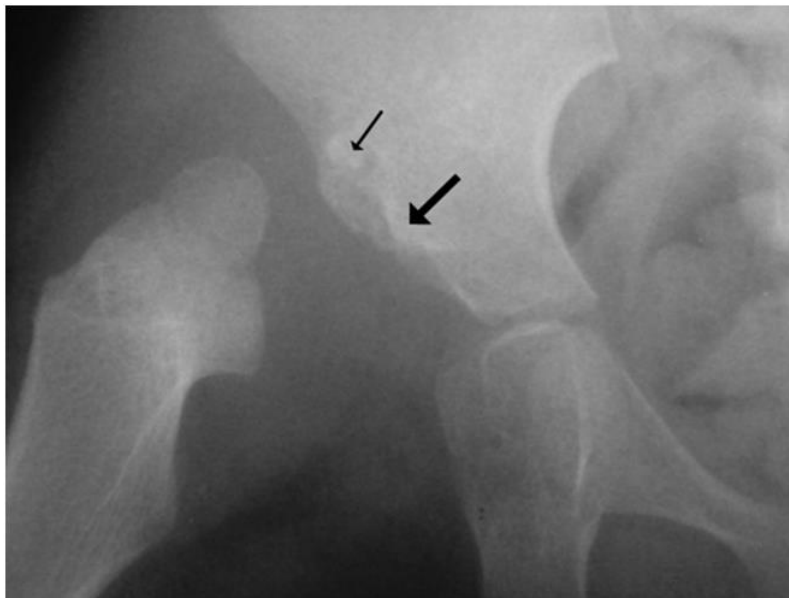


Abb. III-3 präoperatives Röntgenbild eines 35 Monate alten Kindes mit subluxiertem Femurkopf (aus ¹⁰⁹)

Dicker Pfeil: die im Text beschriebene Kante, welche das innere und das äußere Azetabulum trennt; dünner Pfeil: der äußere Rand des eigentlichen Azetabulums

III.4.2.1.5 Hüftkopfmittelpunkt

Die im Hüftgelenk kommunizierenden Gelenkflächen des Azetabulums und des Hüftkopfes kann man sich als Teile zweier Kugeloberflächen mit dem gleichen Kugelmittelpunkt, dem Drehzentrum des Hüftgelenkes, vorstellen.

Dieses Drehzentrum stellt also den geometrischen Mittelpunkt sowohl des Azetabulums als auch des Hüftkopfes dar. In der Beckenübersichtsaufnahme kann man bei einem normal entwickelten, vollständig ossifizierten Hüftkopf eine Kreisschablone an die kreisförmige Hüftkopfoberfläche anlegen und so leicht den Hüftkopfmittelpunkt bestimmen.

Die in dieser Arbeit untersuchten Patienten befanden sich jedoch zu einem großen Teil in einem Alter, in dem der Hüftkopf noch nicht vollständig verknöchert ist und man somit im Röntgenbild nur den verknöcherten Epiphysenkern erkennen kann. Eine Ermittlung des Hüftkopfmittelpunktes mit einer Kreisschablone ist in diesem Fall nicht möglich. Das Anlegen einer Kreisschablone an die azetabuläre Gelenkfläche fiel als alternative Methode ebenfalls aus, da erstens bei luxierten Gelenken die Mittelpunkte des Hüftkopfes und des Azetabulums nicht am gleichen Ort liegen, und zweitens bei der DDH das Azetabulum meist in unterschiedlichem Ausmaß verformt ist.

Nach Massie und Howorth¹¹⁰ liegt der Hüftkopfmittelpunkt im Röntgenbild äquidistant zu den beiden Enden des Metaphysenplateaus und ein wenig proximal dessen. Bei Kindern, die lediglich einen ossifizierten Epiphysenkern zeigten, wurde sich zur Ermittlung des Punktes an diese Beschreibung gehalten. Bei Kindern, deren Hüftkopf schon nahezu vollständig ossifiziert war, wurde eine Kreisschablone verwendet.

III.4.2.1.6 Köhler'sche Tränenfigur

Die sogenannte Köhler'sche Tränenfigur in der Beckenübersichtsaufnahme ist eine tropfenförmige Strichfigur, die projektionsbedingt entsteht. Sie liegt proximal-lateral an das Foramen obturatum angrenzend auf Höhe der proximalen Femurmetaphyse. Die mediale Kontur wird von der inneren Beckenwandkortikalis in Höhe des hinteren Pfannenrandes gebildet, die laterale Kontur von der Fossa acetabuli^{14,46,111} (Abb. III-4).

Ist der Hüftkopf nicht korrekt in der Hüftpfanne eingestellt, so bildet sich die Tränenfigur nicht aus. Im Falle einer Subluxation verändert sich die Form und sie erscheint eher V-förmig und verbreitert¹¹².

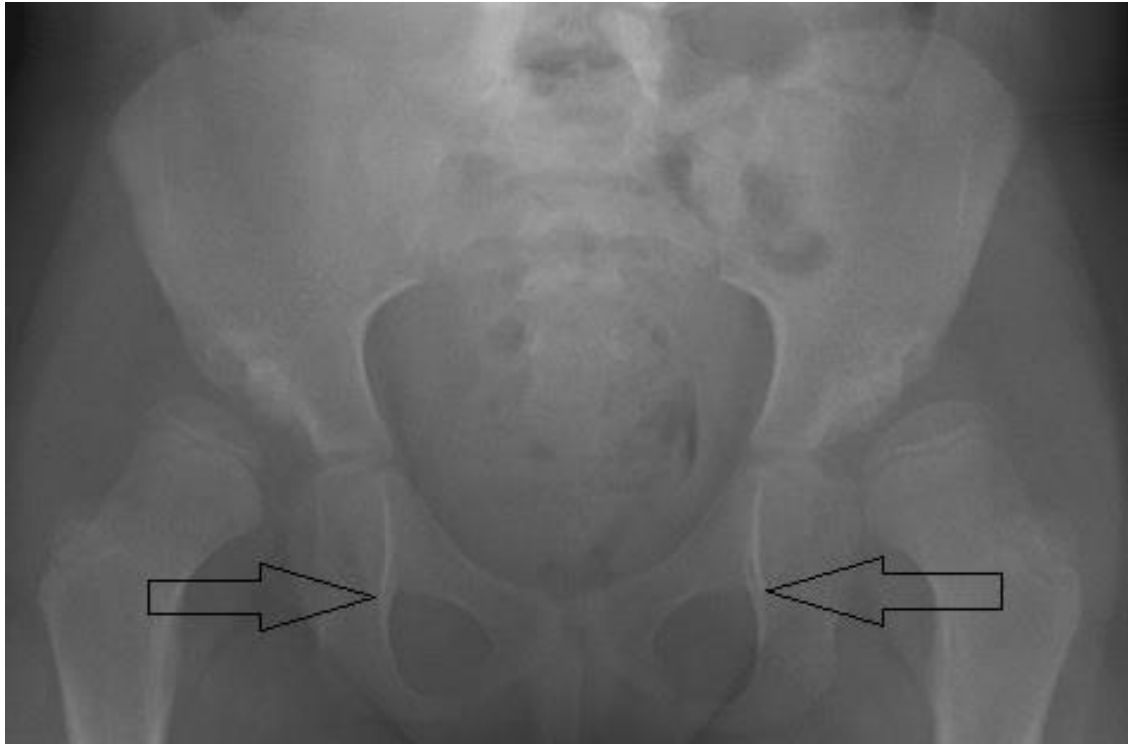


Abb. III-4 Die Köhler'sche Tränenfigur

Die Pfeile markieren die Köhler'sche Tränenfigur. Die mediale Kontur entspricht der inneren Beckenwandkortikalis auf Höhe des hinteren Pfannenrandes, die laterale Kontur der Fossa acetabuli.¹¹²

III.4.2.1.7 Orientierungslinie nach Shenton und Ménard

Die Shenton-Ménard-Linie ist eine imaginäre Linie in der Beckenübersichtsaufnahme, die die Konturlinien des medialen Schenkelhalses des Unterrandes des Ramus superior des Os pubis verbindet (Abb. III-5). Bei einem normalen, nicht luxierten Hüftgelenk weist sie keine Unterbrechung auf, während sie bei einer Subluxation oder Luxation durch das Höhertreten des Femurs unterbrochen wird.¹¹³



Abb. III-5 Die Shenton-Ménard-Linie in der Beckenübersichtsaufnahme

Links: Die Linie ist nicht unterbrochen im Falle eines normalen Hüftgelenkes; Rechts: Die Linie ist durch das Höhertreten des Femurs bei einem luxierten Hüftgelenk unterbrochen.

III.4.2.2 Definition der Winkel, Strecken und Indizes

III.4.2.2.1 AC-Winkel

Der AC-Winkel (Pfannendachwinkel nach Hilgenreiner) stellt in der Beurteilung der kindlichen Hüftdysplasie einen viel verwendeten Messwert dar. Er wurde zum ersten Mal 1925 von Hilgenreiner¹⁰⁶ beschrieben und misst in der Beckenübersichtsaufnahme die Steilheit des Pfannendaches relativ zur Beckenhorizontalen, genauer gesagt zur Hilgenreiner-Linie (Abb. III-6).

Zur Festlegung des AC-Winkels zeichnet man zunächst die Hilgenreiner-Linie. Diese verläuft durch die beiden kaudalsten Punkte des Os Ilium in der Y-Fuge. Nun betrachtet man das zu vermessende Hüftgelenk und zeichnet eine Linie von dem einen der genannten Punkte zum Pfannenerker. Der sich nach lateral öffnende Winkel zwischen diesen beiden Linien ist der AC-Winkel. Ist das Becken bei der Anfertigung der Röntgenaufnahme zu stark gekippt, projizieren sich oft der ventrale und der dorsale Pfannenrand nebeneinander. In diesem Fall ist darauf zu achten, dass die Linie zum Pfannenerker nicht als Tangente an die untere Projektionslinie gelegt wird, sondern direkt durch den Schnittpunkt beider Projektionslinien am Pfannenerker

verläuft.¹⁴

Da zur Konstruktion dieses Winkels die Hilgenreiner-Linie benötigt wird, ist es nach dem Schluss der Y-Fuge nicht mehr möglich, diesen Winkel zu bestimmen.

Als Bewertungsgrundlage verwenden wir die Normalwerte und ihre Abweichungsgrade des Klassifizierungssystems des Arbeitskreises für Hüftdysplasie der DGOT (Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Traumatologie)¹⁴ (Tab. III-5).

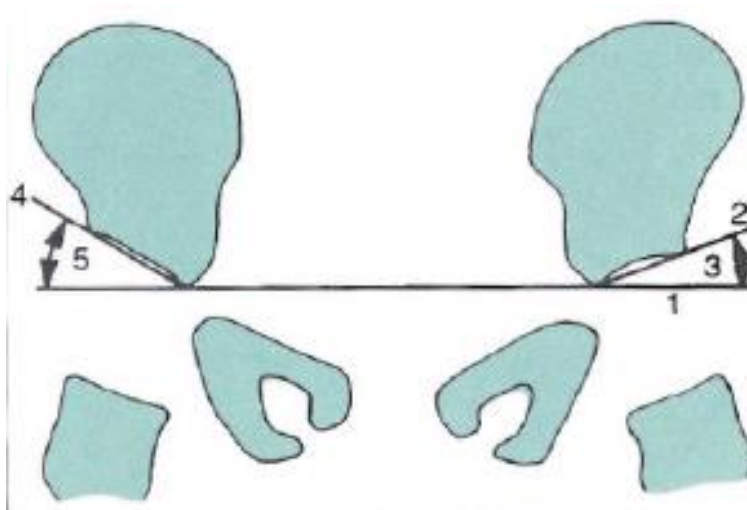


Abb. III-6 AC-Winkel (aus ¹⁴)

Der AC-Winkel ist ein Maß für die Steilheit des Pfannendaches, welche im Falle der Hüftdysplasie vergrößert ist. Das linke normale Hüftgelenk zeigt einen normalen AC-Winkel, während der des rechten dysplastischen Hüftgelenks vergrößert ist.

1 = Hilgenreiner-Linie, 2 = Azetabulumlinie, 3 = normaler AC-Winkel, 4 = Azetabulumlinie bei Dysplasie, 5 = AC-Winkel bei Dysplasie

Tab. III-2 AC-Winkel: normale und pathologische Werte (aus ¹¹⁴)

Angaben in Winkelgrad, nach dem Klassifikationssystem des Arbeitskreises für Hüft-dysplasie der DGOT¹⁴

Alter (Jahre Monate)	Normalwert (Mittelwert)	Grad 1 (normal)
0/3+ 0/4	25	< 30
0/5– 2/0	20	< 25
2 – 3	18	< 23
3 – 7	15	< 20
7 – 14	10	< 15
Grad 2 (leicht pathologisch)	Grad 3 (schwer pathologisch)	Grad 4 (extrem pathologisch)
≥ 30–< 35	≥ 35–< 40	≥ 40
≥ 25–< 30	≥ 30–< 35	≥ 35
≥ 23–< 28	≥ 28–< 33	≥ 33
≥ 20–< 25	≥ 25–< 30	≥ 30
≥ 15–< 20	≥ 20–< 25	≥ 25

III.4.2.2.2 CE-Winkel

Der CE-Winkel (Zentrum-Ecken-Winkel nach Wiberg³⁸, Abb. III-7) ist ein Maß für die laterale Überdachung des Hüftkopfes. Je tiefer die Hüftpfanne ist, desto größer wird er; je steiler und flacher die Hüftpfanne ist, desto kleiner wird er.¹⁴

Der CE-Winkel (4) wird gebildet durch eine den Hüftkopfmittelpunkt (Punkt 1) schneidende Parallele zur Körperlängsachse (Linie 3) und der Verbindungslinie zwischen dem Hüftkopfmittelpunkt und dem Pfannenerker (Linie 2).³⁸ Die normalen und pathologischen Werte sind in Tab. III-3 dargestellt.

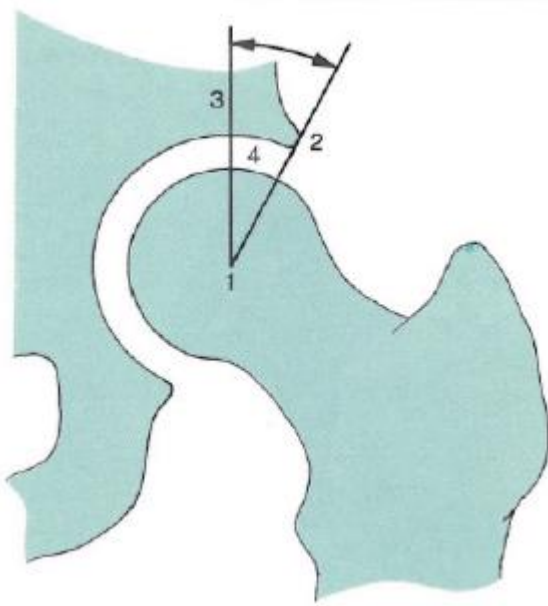


Abb. III-7 CE-Winkel (aus ¹¹⁴)

Der CE-Winkel ist ein Maß für die laterale Überdachung des Hüftkopfes.

Punkt 1 = Hüftkopfmittelpunkt; Punkt 2 = Pfannenerker; Linie 3 = Linie, welche parallel zur Beckenlängsachse verläuft und den Hüftkopfmittelpunkt schneidet; Winkel 4 = CE-Winkel

Tab. III-3 CE-Winkel: normale und pathologische Werte (aus ¹¹⁴)

Angaben in Winkelgrad, nach dem Klassifikationssystem des Arbeitskreises für Hüftdysplasie der DGOT¹⁴ (aus ¹¹⁴)

Alter (Jahre)	Normalwert (Mittelwert)	Grad 1 (normal)	Grad 2 (leicht pathologisch)	Grad 3 (schwer pathologisch)	Grad 4 (extrem pathologisch)
≥ 0 – ≤ 8	25	≥ 20	≥ 15 – < 20	≥ 0 – < 15	< 0
≥ 8 – ≤ 18	32	≥ 25	≥ 20 – < 25	≥ 5 – < 20	< 5
> 18 – 50	35	≥ 30	≥ 20 – < 30	≥ 5 – < 20	< 5

III.4.2.2.3 Pfannenneigungswinkel

Der Pfannenneigungswinkel nach Ullman¹⁵, Sharp¹⁶, Stulberg/Harris¹¹⁵ (nachfolgend auch mit der Abkürzung PNW bezeichnet) misst im Gegensatz zum AC-Winkel nicht nur die Neigung des Pfannendaches, sondern der gesamten Hüftpfanne nach lateral-kaudal in der Frontalebene. Ein Vorteil gegenüber dem AC-Winkel ist die Tatsache, dass er selbst nach der Verknöcherung der Y-Fuge gemessen werden kann.¹⁴

Für die Konstruktion des Pfannenneigungswinkels (Abb. III-8) wird zunächst der kaudalste Punkt der Köhler-Tränenfigur (Punkt B) markiert. Durch diesen Punkt wird eine Linie gezogen, die im rechten Winkel zur Beckenlängsachse

liegt (Linie 2). Eine weitere Linie (Linie 1) wird von Punkt B durch den Pfannenerker (Punkt A) gezeichnet. Diese beiden Linien bilden die Schenkel des Pfannenneigungswinkels (3).¹⁴ Die normalen und pathologischen Werte sind in Tab. III-4 dargestellt.

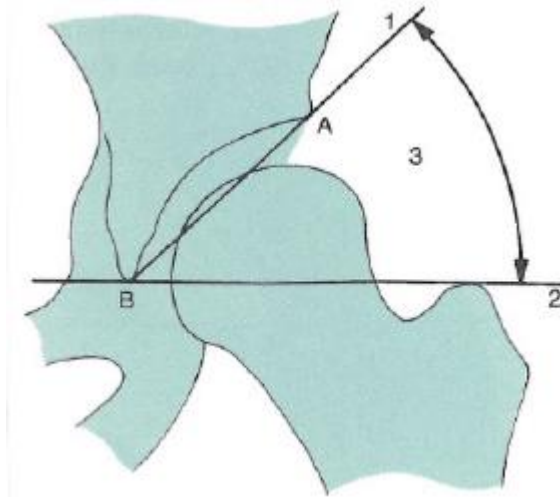


Abb. III-8 Pfannenneigungswinkel (aus ¹¹⁴)

Der Pfannenneigungswinkel ist ein Maß für die Neigung der gesamten Hüftpfanne nach lateral-kaudal in der Frontalebene. Er kann im Gegensatz zum AC-Winkel selbst nach der Verknöcherung der Y-Fuge gemessen werden.

A = Pfannenerker, B = Köhler'sche Tränenfigur, Linie 1 = Verbindungslinie zwischen Punkt A und B, Linie 2 = zur Beckenlängsachse orthogonale Linie, Winkel 3 = Pfannenneigungswinkel

Tab. III-4 Pfannenneigungswinkel: normale und pathologische Werte

Angaben in Winkelgrad, nach dem Klassifikationssystem des Arbeitskreises für Hüftdysplasie der DGOT¹⁴ (aus ¹¹⁴)

Alter (Jahre)	Normalwert (Mittelwert)	Grad 1 (normal)	Grad 2 (leicht pathologisch)	Grad 3 (schwer pathologisch)	Grad 4 (extrem pathologisch)
1 – 11	46	≥ 49	50–52	53–55	≥ 56
11 – 13	44	≥ 47	48–51	52–54	≥ 55
13 – 14	42	≥ 45	46–49	50–52	≥ 53
ab – 14	40	≥ 43	44–46	47–49	≥ 50

III.4.2.2.4 ACM-Winkel

Der ACM-Winkel (Pfannendachwinkel nach Idelberger und Frank¹¹⁶) ist mehr Ausdruck der Tiefe der Hüftgelenkspfanne und sagt nichts über ihre Neigung aus. Er ist von Drehungen und Kippungen des Beckens sowie vom Patientenalter nahezu unabhängig.¹⁴ Zunächst markiert man zwei Punkte (Abb. III-9): Den Pfannenerker (Punkt A) und den kaudalsten Punkt des unteren Pfannenrandes (Punkt B). Der dritte Punkt (Punkt M) ist der Mittelpunkt der Stre-

cke zwischen den Punkten A und B (Strecke AB). Durch den Punkt M wird nun im rechten Winkel zur Strecke AB eine Linie gezogen (Strecke MC), die die Pfannendachlinie in Punkt C schneidet. Der Winkel zwischen der Strecke MC und der Verbindungslinie zwischen Punkt C und Punkt A (Strecke CA) ist der ACM-Winkel. Die normalen und pathologischen Werte sind in Tab. III-5 dargestellt.

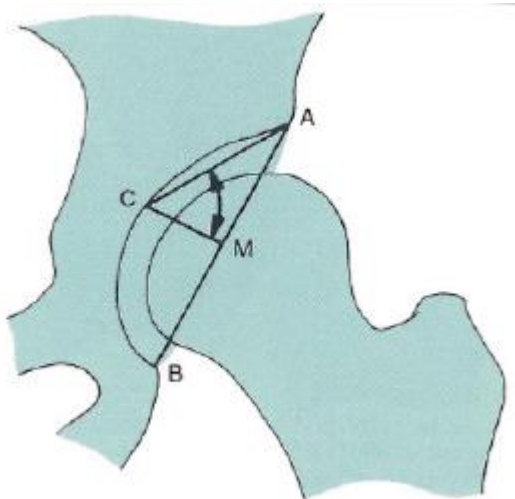


Abb. III-9 ACM-Winkel (aus ¹¹⁴)

Der ACM-Winkel ist ein Maß für die Tiefe der Hüftpfanne. Er ist von Drehungen und Kippungen des Beckens, sowie vom Patientenalter nahezu unabhängig.

Punkt A = Pfannenerker, Punkt B = kaudalster Punkt des unteren Pfannenrandes, Punkt M = Mittelpunkt der Strecke zwischen den Punkten A und B, Doppelpfeil = ACM-Winkel

Tab. III-5 ACM-Winkel: normale und pathologische Werte (aus ¹¹⁴)

Angaben in Winkelgrad, nach dem Klassifikationssystem des Arbeitskreises für Hüftdysplasie der DGOT¹⁴ (aus ¹¹⁴)

Alle Altersstufen ab 2 Jahre	Normalwert (Mittelwert)	Grad 1 (normal)	Grad 2 (leicht pathologisch)	Grad 3 (schwer pathologisch)	Grad 4 (extrem pathologisch)
> 2	45	< 50	≥ 50—< 55	≥ 55—< 60	≥ 60

III.4.2.2.5 Instabilitätsindex nach Reimers

Der Instabilitätsindex nach Reimers¹¹⁷ oder Reimers-Migrations-Index (nachfolgend auch mit der Abkürzung RMI bezeichnet) ist ein Maß für das Überdachungsdefizit des Hüftkopfes (Abb. III-10).

Es wird zunächst die Breite des Hüftkopfes (b) zwischen zwei Parallelen (Linie 3 und 4) zur Beckenlängsachse gemessen, welche den Hüftkopf begrenzen. Dann vermisst man den Abstand (a) von der lateralen Hüftkopfgrenze (Linie 3) zur Ombrédanne-Linie (Linie 2). Der Wert des Quotienten aus b und a wird mit 100 multipliziert und gibt so den RMI in Prozent an.

Da einige Patienten bei der Anfertigung der Röntgenbilder noch sehr jung waren und auch die Erkrankung an sich eine verzögerte Hüftkopfentwicklung mit sich bringt, ist auf den meisten Bildern noch nicht der vollständig verknöcherte Hüftkopf, sondern nur sein Ossifikationskern sichtbar. In diesem Fall wurden als Hüftkopfgrenzen der medialste sowie der lateralste Punkt des Metaphysenplateaus des Schenkelhalses verwendet. Befand sich der medialste Punkt des Ossifikationskerns weiter medial als der medialste Punkt des Metaphysenplateaus, so wurde erstgenannter als mediale Hüftkopfgrenze angesehen.

Reimers definiert einen RMI von 33-99% als Subluxation und einen RMI von 100% als Dislokation. Normale Werte sind im Alter bis 4 Jahre 0% und im Alter von 4-16 Jahren bis 10%. Reimers erwähnt in seiner Arbeit, dass es natürlich bei sehr tief in der Hüftpfanne eingestellten Hüftköpfen auch möglich sei, dass der Pfannenerker weiter lateral liegt als der lateralste Punkt des Hüftkopfes. In diesem Fall könne man den Abstand der durch diese beiden Punkte verlaufenden Vertikalen mit einem negativen Vorzeichen versehen und somit ein Maß dafür erhalten, wie tief der Hüftkopf in der Pfanne sitzt. Wie von Reimers wurde jedoch auf die Berechnung dieses Wertes verzichtet und sich auf den Bereich von 0% bis 100% beschränkt. Aus diesem Grund wurde sich im Falle dieses Parameters in der statistischen Auswertung darauf beschränkt, lediglich die einzelnen Messwerte und eine Basisstatistik, bestehend aus Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum, dem 0,25-Quantil und dem 0,75-Quantil zu den drei Messzeitpunkten präoperativ, postoperativ und Follow-Up darzustellen.

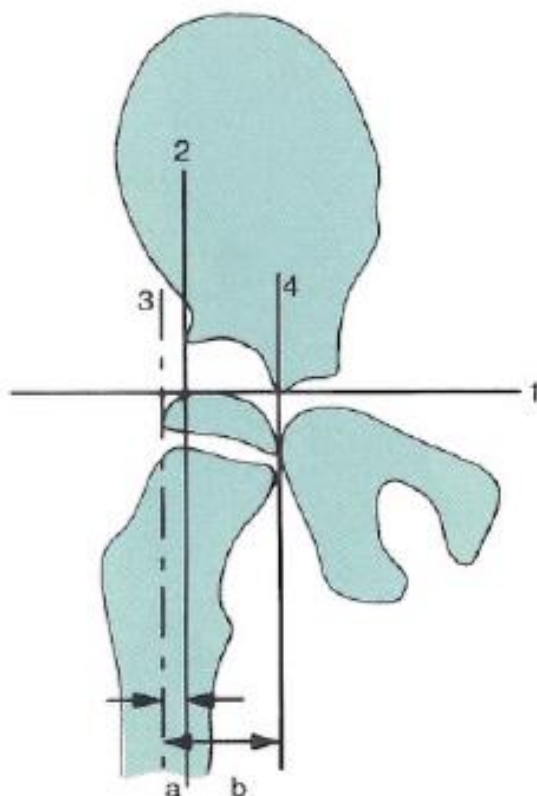


Abb. III-10 Instabilitätsindex nach Reimers (aus ¹¹⁴)

Der Instabilitätsindex nach Reimers ist ein Maß für das Überdachungsdefizit des Hüftkopfes.

Linie 3 und 4 = Linien, die parallel zur Beckenlängsachse verlaufen und den Hüftkopf lateral und medial begrenzen; Linie 2 = Ombrédanne-Linie; Abstand a = Abstand zwischen Linie 3 und 2; Abstand b = Abstand zwischen Linie 3 und 4; der Quotient aus Abstand a und b entspricht dem Reimers-Index.

III.4.2.2.6 CCD-Winkel

Der Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel (CCD-Winkel) nach Müller¹⁸ beschreibt den Winkel zwischen der Femurschaftachse und der Schenkelhalsachse in der Beckenübersichtsaufnahme (Abb. III-11). Es handelt sich hierbei um einen projizierten Winkel, der vom Grad der Anteversion des Schenkelhalses beeinflusst wird, und nicht um den reellen, anatomischen Winkel zwischen den genannten zwei Achsen. Je stärker der Grad der Anteversion des Schenkelhalses ist, desto größer wird der projizierte CCD-Winkel im Röntgenbild.

Aufgrund der durch das Krankheitsbild bei den Patienten vorhandenen Deformitäten und Verlagerungen des Hüftkopfes sowie wegen der durch das junge Alter bedingten unvollständigen Ausbildung der anatomischen Strukturen war es in vielen Fällen nicht möglich, eine realistische Messung des CCD-

Winkels mithilfe des Verfahrens nach Müller¹⁸ durchzuführen. Deshalb wurde beim Messen dieses Winkels eine leicht modifizierte Methodik angewandt. Zunächst wurde an zwei möglichst weit voneinander entfernt gelegenen Stellen des Femurs der Mittelpunkt seines Querdurchmessers markiert. Die Verbindungslinie dieser Punkte stellt die Femurschaftachse dar.

Die Schenkelhalsachse wurde ermittelt, indem man vom Hüftkopfmittelpunkt eine gerade Linie zog, die an jedem Ort des Schenkelhalses möglichst genau in seiner Mitte verläuft.

Der CCD-Winkel öffnet sich medial zwischen der Schenkelhals- und der Femurschaftachse.

Um den reellen CCD-Winkel mit der Methode von Müller bestimmen zu können, ist die Ermittlung eines weiteren Winkels, nämlich des projizierten Ante-torsionswinkels, nötig. Für die Ermittlung dieses Winkels ist jedoch eine Ante-torsionsaufnahme nach Dunn, Rippstein und Müller notwendig. Aus den Werten des projizierten CCD-Winkels und des projizierten AT-Winkels lässt sich dann anhand eines Diagramms (hier nicht abgebildet) der reelle CCD-Winkel errechnen. Die normalen und pathologischen Werte sind in Tab. III-6 dargestellt. Da die genannte Antetorsionsaufnahme für das Untersuchungsgut nicht standardmäßig angefertigt wurde, musste sich in dieser Arbeit auf die Messung des projizierten CCD-Winkels beschränkt werden.

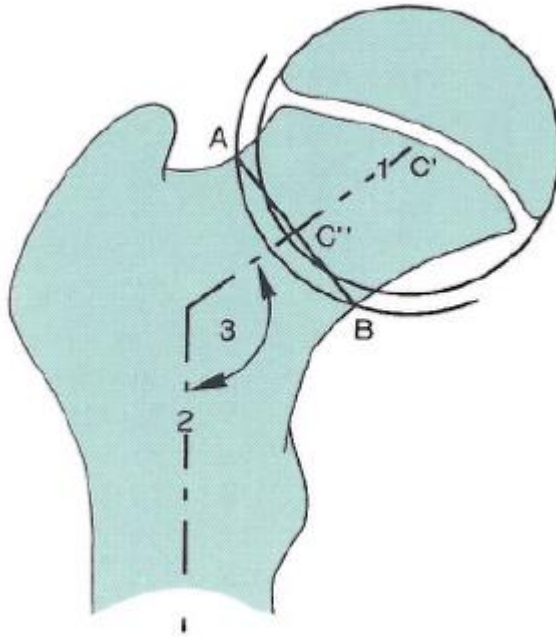


Abb. III-11 Projizierter CCD-Winkel nach Müller (aus ¹¹⁴)

C' = Hüftkopfzentrum; C'' = Schnittpunkt der Senkrechten von C' auf die Linie AB; A = kranialer Kreislinienschnittpunkt der Schenkelhalskortikalis; B kaudaler Kreislinienschnittpunkt der Schenkelhalskortikalis; 1 = Schenkelhalsachse; 2 = Femurschaftachse; 3 = CCD-Winkel

Tab. III-6 Errechneter reeller CCD-Winkel: normale und pathologische Werte (aus ¹¹⁴)

Angaben in Winkelgrad, nach dem Klassifikationssystem des Arbeitskreises für Hüftdysplasie der DGOT¹⁴

Alter (Jahre)	Grad - 4 (extrem pathologisch)	Grad - 3 (schwer pathologisch)	Grad - 2 (leicht pathologisch)	Grad 1 (normal bis fraglich pathologisch)	Grad + 2 (leicht pathologisch)	Grad + 3 (schwer pathologisch)	Grad + 4 (extrem pathologisch)
> 1- < 3	< 105	≥ 105- < 115	≥ 115- < 125	≥ 125- < 150 MW 140	≥ 150- < 155	≥ 155- < 160	≥ 160
> 3- < 5	< 105	≥ 105- < 115	≥ 115- < 125	≥ 125- < 145 MW 135	≥ 145- < 150	≥ 150- < 155	≥ 155
> 5- < 10	< 100	≥ 100- < 110	≥ 110- < 120	≥ 120- < 145 MW 132	≥ 145- < 150	≥ 150- < 155	≥ 155
> 10- < 14	< 100	≥ 100- < 110	≥ 110- < 120	≥ 120- < 140 MW 130	≥ 140- < 145	≥ 145- < 155	≥ 155
ab -> 14	< 100	≥ 100- < 110	≥ 110- < 120	≥ 120- < 135 MW 128	≥ 135- < 140	≥ 140- < 150	≥ 150

MW = Mittelwert

III.5 Kriterien nach McKay und Severin

Für die Bewertung des allgemeinen Behandlungsergebnisses wurden die klinischen Kriterien nach McKay¹¹⁸ (Tab. III-7) und die radiologischen Kriterien nach Severin¹¹⁹ verwendet (Tab. III-8).

Als zufriedenstellendes Behandlungsergebnis wurden die klinischen Grade *Excellent* und *Good* nach McKay sowie die radiologisch-anatomischen Typen I und II nach Severin angesehen.

Tab. III-7 Kriterien für die Bewertung des klinischen Behandlungsergebnisses nach McKay¹¹⁸

Excellent	Stabil, keine Schmerzen, kein Hinken, negatives Trendelenburg-Zeichen, voller Bewegungsumfang
Good	Stabil, keine Schmerzen, normales Gangbild oder diskretes Hinken, negatives Trendelenburg-Zeichen und diskret eingeschränkter Bewegungsumfang
Fair	Stabil, schmerzloses Hinken und/oder positives Trendelenburg-Zeichen und/oder mäßig eingeschränkter Bewegungsumfang
Poor	Nicht stabil, keine Schmerzen, Hinken und/oder positives Trendelenburg-Zeichen und/oder schwer eingeschränkter Bewegungsumfang, aber keine Dislokation
Failure	Nicht stabil, keine Schmerzen oder Schmerzen, Hinken und positives Trendelenburg-Zeichen und Dislokation

Tab. III-8 Kriterien zur Beurteilung des radiologisch-anatomischen Behandlungsergebnisses nach Severin¹¹⁹

Typ I	Ia	radiologisch normale Hüfte, CE-Winkel > 19°
	Ib	radiologisch normale Hüfte, CE-Winkel > 15°-19°
Typ II	IIa	mäßige Deformität des Kopfes, Halses oder des Azetabulums CE-Winkel > 19°
	IIb	mäßige Deformität des Kopfes, Halses oder des Azetabulums CE-Winkel > 15°-19°
Typ III		Dysplasie ohne Subluxation, CE-Winkel < 15°
Typ IV	IVa	mäßige Subluxation, CE-Winkel = 0°
	IVb	schwere Subluxation, CE-Winkel < 0°
Typ V		Dislozierte Hüfte kommuniziert mit Pseudoazetabulum im superioren Anteil des ursprünglichen Azetabulums
Typ VI		Redislokation

III.6 Komplikationen

In dieser Untersuchung wurde das postoperative Auftreten der folgenden Komplikationen erfasst:

- Reluxation/Subluxation;
- Hüftkopfnekrose;
- postoperativer Gelenkinfekt/tiefer Wundinfekt;
- notwendige Folgeoperation/Revisionsoperation.

Das Auftreten einer Reluxation oder Subluxation, eines postoperativen tiefen Wundinfektes oder Gelenkinfektes sowie die Notwendigkeit einer Folge-/Revisionsoperation wurden anhand der Patientenakten ermittelt.

Das Auftreten einer Hüftkopfnekrose wurde anhand der aktuellsten Röntgenaufnahme erfasst. Die Diagnose der Hüftkopfnekrose wurde anhand der Diagnosekriterien nach Salter⁷⁹ gestellt, wobei mindestens eines der folgenden Kriterien erfüllt sein musste:

1. Ausbleiben der Verknöcherung des Epiphysenkerns am Hüftkopf über einen Zeitraum von einem Jahr oder länger nach Reposition.
2. Ausbleiben des Wachstums eines bereits bestehenden Knochenkerns über einen Zeitraum von einem Jahr oder länger nach Reposition.
3. Verbreiterung des Schenkelhalses in einem Zeitraum von einem Jahr nach der Reposition.
4. Erhöhte Dichte der Knochenstruktur im Röntgenbild mit darauffolgender Fragmentierung des Femurkopfes.
5. Residuelle Deformierung des Hüftkopfes oder des Schenkelhalses nach Abschluss der Reossifikation (Coxa magna, Coxa vara, Coxa plana oder kurzer, breiter Schenkelhals).

III.7 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Messdaten wurde mit der Computersoftware *IBM SPSS Statistics 22* durchgeführt. Für die radiologisch gemessenen Winkel und Indizes wurden die Mittelwerte, Minimalwerte, Maximalwerte, die Standardabweichung sowie das 0,25-Quantil und das 0,75-Quantil zu den drei Messzeitpunkten präoperativ, postoperativ und Follow-Up berechnet.

Die Messergebnisse zu den drei Untersuchungszeitpunkten wurden anhand von Boxplot-Grafiken graphisch dargestellt.

Unterschiede der Winkelwerte zwischen den drei Messzeitpunkten „präoperativ“, „postoperativ“ und „Follow-Up“ wurden mittels des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests für verbundene Stichproben und mittels Friedmans Zweifach-Rangvarianzanalyse verbundener Stichproben auf statistische Signifikanz geprüft.

Eine Ausnahme stellt hier der Instabilitätsindex nach Reimers dar, da dieser sich aufgrund der Methodik in der Ermittlung des Messwertes nicht ausreichend für eine statistische Auswertung eignet (siehe III.4.2.2.5). Es wurde sich daher im Falle dieses Parameters darauf beschränkt, lediglich den einzelnen Messwert, den Mittelwert, die Standardabweichung, das Minimum, das Maximum, das 0,25-Quantil und das 0,75-Quantil zu den drei Messzeitpunkten präoperativ, postoperativ und Follow-Up darzustellen.

Unterschiede zwischen Patientengruppen hinsichtlich der gemessenen Winkelwerte wurden mithilfe des Mann-Whitney-U-Tests auf statistische Signifikanz geprüft. Zusätzlich wurden die Mittelwerte für die einzelnen Untergrup-

pen errechnet. Es wurden dabei die folgenden Gruppen miteinander verglichen:

- Operationsalter < 3 Jahre – Operationsalter > 3 Jahre;
- Operationsalter < 6 Jahre – Operationsalter > 6 Jahre;
- weiblich – männlich;
- Luxation des linken Hüftgelenks – Luxation des rechten Hüftgelenks;
- unilaterale Luxation – bilaterale Luxation;
- Luxationsgrad 2 nach Tönnis – Luxationsgrad 3 nach Tönnis;
- Luxationsgrad 2 nach Tönnis – Luxationsgrad 4 nach Tönnis;
- Luxationsgrad 3 nach Tönnis – Luxationsgrad 4 nach Tönnis.

Für die klinischen Untersuchungsergebnisse wurde präoperativ und bei der Follow-Up-Untersuchung ermittelt, in wie vielen Fällen – absolut und relativ – der untersuchte Parameter „positiv“, „negativ“ und gegebenenfalls „minimal positiv“ ausfiel.

IV. Ergebnisse

Tab. IV-1 Patientenkollektiv

Untersuchungszeitraum: 2004-2011; aufsteigend sortiert nach OP-Alter;

Nr. = Fallnummer; G = Geschlecht (w = weiblich, m = männlich); Tönnis = Grad der Hüftluxation nach Tönnis präoperativ; KS = Körperseite (L = links; R = rechts); Bilat. = unilateral/bilateral (+ zeigt bilateral an); Kompl. = Komplikation (Relux. = Reluxation; Sublux. = Subluxation; Inf. = Wundinfektion/Gelenkinfektion; Reop. = Folgeoperation, welche nicht aufgrund einer Reluxation/Infektion durchgeführt wurde); OP-A = OP-Alter in Jahren; rad. FU = radiologische Follow-Up-Zeit in Monaten; klin. FU = klinische Follow-Up-Zeit in Monaten; Severin = radiologische Kriterien nach Severin; McKay = klinische Kriterien nach McKay

Nr.	G	Tönnis	KS	Bilat.	Kompl.	OP-A	rad. FU	klin. FU	Severin	McKay
1	w	2	L			1,3	12	12	Ila	Good
2	w	2	L			1,5	14	14	Ila	Good
3	m	2	R			1,6	10	10	IIb	Excellent
4	w	2	R			1,9	9	10	Ila	Good
5a	w	2	L	+		1,9	10	12	IIb	Good
5b	w	4	R	+		1,9	9	11	Ila	Good
6	w	2	L		Inf.	2,1	25	10	Ila	Good
7	w	3	L			2,2	13	12	Ila	Good
8a	w	4	R	+		2,5	14	40	IIb	Good
8b	w	4	L	+	Relux.	2,6	13	39	Ila	Excellent
9	w	4	L		Relux.	3,3	17	29	III	Fair
10	w	3	L			4,1	19	31	Ila	Good
11a	w	4	R	+		4,9	12	12	Ila	Good
11b	w	4	L	+		5,0	11	11	Ila	Good
12a	w	4	L	+		5,3	10	10	IIb	Good
12b	w	4	R	+	Relux.+Inf.	5,4	9	9	III	Fair
13a	w	3	R	+		6,0	16	6	IIb	Fair
13b	w	3	L	+	.	6,3	13	3	IIb	Fair
14	w	3	L		Reop.	9,3	84	84	III	Good
15	w	3	R	+		10,4	51	51	III	Fair
16a	m	2	L	+	Sublux.	12,8	38	38	IVa	Good
16b	m	2	R	+		13,2	33	33	III	Good

Tab. IV-2 Übersicht OP-Alter und Follow-Up-Zeiten

	OP-Alter in Jahren	Klinische Follow-Up-Zeit in Monaten	Radiologische Follow-Up-Zeit in Monaten
Mittelwert	4,8	22,1	20,0
Standardabweichung	3,6	19,2	17,8
Minimum	1,3	3,1	8,7
Maximum	13,2	83,5	83,5
Perzentil 25	1,9	10,4	10,4
Perzentil 75	6,0	33,1	18,6

Tab. IV-3 Luxationsgrad nach Tönnis präoperativ

abs. = absolute Anzahl; rel. = relativer Anteil; Prozentzahlen anhand der zweiten Nachkommastelle auf eine Nachkommastelle gerundet. Deswegen ergeben einzelne Prozentzahlen addiert teilweise nicht exakt 100,0%

Luxationsgrad	abs.	rel.
Grad 1	0	0,0%
Grad 2	8	36,4%
Grad 3	6	27,3%
Grad 4	8	36,4%
Nicht gewertet	0	0,0%
Insgesamt	22	100,0%

IV.1 Klinische Ergebnisse

IV.1.1 Behandlungsergebnis nach Kriterien von McKay

Tab. IV-4 Fallauflistung Behandlungsergebnis nach Kriterien von McKay

Nr. = Fallnummer; G = Geschlecht (w = weiblich, m = männlich); Tönnis = Grad der Hüftluxation nach Tönnis präoperativ; KS = Körperseite (L = links; R = rechts); Bilat. = unilateral/bilateral (+ zeigt bilateral an); Kompl. = Komplikation (Relux. = Reluxation; Sublux. = Subluxation; Inf. = Wundinfektion/Gelenkinfektion; Reop. = Folgeoperation, welche nicht aufgrund einer Reluxation/Infektion durchgeführt wurde); OP-A = OP-Alter in Jahren; rad. FU = radiologische Follow-Up-Zeit in Monaten; klin. FU = klinische Follow-Up-Zeit in Monaten; McKay = klinische Kriterien nach McKay; Severin = radiologische Kriterien nach Severin

Nr.	G	Tönnis	KS	Bilat.	Kompl.	OP-A	rad. FU	klin. FU	McKay	Severin
1	w	2	L			1,3	12	12	Good	IIa
2	w	2	L			1,5	14	14	Good	IIa
3	m	2	R			1,6	10	10	Excellent	IIb
4	w	2	R			1,9	9	10	Good	IIa
5a	w	2	L	+		1,9	10	12	Good	IIb
5b	w	4	R	+		1,9	9	11	Good	IIa
6	w	2	L		Inf.	2,1	25	10	Good	IIa
7	w	3	L			2,2	13	12	Good	IIa
8a	w	4	R	+		2,5	14	40	Good	IIb
8b	w	4	L	+	Relux.	2,6	13	39	Excellent	IIa
9	w	4	L		Relux.	3,3	17	29	Fair	III
10	w	3	L			4,1	19	31	Good	IIa
11a	w	4	R	+		4,9	12	12	Good	IIa
11b	w	4	L	+		5,0	11	11	Good	IIa
12a	w	4	L	+		5,3	10	10	Good	IIb
12b	w	4	R	+	Relux.+Inf.	5,4	9	9	Fair	III
13a	w	3	R	+		6,0	16	7	Fair	IIb
13b	w	3	L	+	.	6,3	13	3	Fair	IIb
14	w	3	L		Reop.	9,3	84	84	Good	III
15	w	3	R	+		10,4	51	51	Fair	III
16a	m	2	L	+	Sublux.	12,8	38	38	Good	IVa
16b	m	2	R	+		13,2	33	33	Good	III

Tab. IV-5 Klinische Behandlungsergebnisse nach den McKay-Kriterien¹¹⁸

Die Ergebnisse Excellent und Good wurden als zufriedenstellendes Behandlungsergebnis gewertet

	Insg.	McKay				
		Excellent	Good	Fair	Poor	Failure
Anzahl	22	2	15	5	0	0
in %	100,0%	9,1%	68,2%	22,7%	0,0%	0,0%
		77,3%				

Tab. IV-6 Klinische Behandlungsergebnisse nach den McKay-Kriterien¹¹⁸: unterteilt in Altersgruppen

Die Ergebnisse Excellent und Good wurden als zufriedenstellendes Behandlungsergebnis gewertet

		OP-Alter					
		<3 Jahre		3-6 Jahre		>6 Jahre	
		Anzahl	in %	Anzahl	in %	Anzahl	in %
McKay	Excellent	2	20,0%	0	0,0%	0	0,0%
	Good	8	80,0%	4	66,7%	3	50,0%
	Fair	0	0,0%	2	33,3%	3	50,0%
	Poor	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	Failure	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%

Tab. IV-7 Klinische Behandlungsergebnisse nach den McKay-Kriterien¹¹⁸: unterteilt in Altersgruppen

Die Ergebnisse Excellent und Good wurden als zufriedenstellendes Behandlungsergebnis gewertet

		OP-Alter < / > 3 Jahre			
		< 3 Jahre		> 3 Jahre	
		Anzahl	in %	Anzahl	in %
McKay	Excellent	2	20,0%	0	0,0%
	Good	8	80,0%	7	58,3%
	Fair	0	0,0%	5	41,7%
	Poor	0	0,0%	0	0,0%
	Failure	0	0,0%	0	0,0%

Tab. IV-8 Klinische Behandlungsergebnisse nach den McKay-Kriterien¹¹⁸: unterteilt in Altersgruppen

Die Ergebnisse Excellent und Good wurden als zufriedenstellendes Behandlungsergebnis gewertet

		OP-Alter < / > 6 Jahre			
		< 6 Jahre		> 6 Jahre	
		Anzahl	in %	Anzahl	in %
McKay	Excellent	2	12,5%	0	0,0%
	Good	8	75,0%	7	50,0%
	Fair	0	12,5%	5	50,0%
	Poor	0	0,0%	0	0,0%
	Failure	0	0,0%	0	0,0%

IV.1.2 Trendelenburg-Duchenne-Zeichen

Tab. IV-9 Auflistung der Fälle für das Trendelenburg-Duchenne-Zeichen

Nr. = Fallnummer; G = Geschlecht (w = weiblich, m = männlich); Tönnis = Grad der Hüftluxation nach Tönnis präoperativ; KS = Körperseite (L = links; R = rechts); Bilat. = unilateral/bilateral (+ zeigt bilateral an); OP-A = OP-Alter in Jahren; rad. FU = radiologische Follow-Up-Zeit in Monaten; klin. FU = klinische Follow-Up-Zeit in Monaten; TD Prä-OP = Trendelenburg-Duchenne-Zeichen präoperativ; TD FU = Trendelenburg-Duchenne-Zeichen beim Follow-Up (+ = positiv; - = negativ; (+) = minimal positiv)

Nr.	G	Tönnis	KS	Bilat.	OP-A	rad. FU	klin. FU	TD Prä-OP	TD FU
1	w	2	L		1,3	12	12	+	-
2	w	2	L		1,5	14	14	(+)	-
3	m	2	R		1,6	10	10	+	-
4	w	2	R		1,9	9	10	+	-
5a	w	2	L	+	1,9	10	12	+	-
5b	w	4	R	+	1,9	9	11	+	-
6	w	2	L		2,1	25	10	-	-
7	w	3	L		2,2	13	12	+	-
8a	w	4	R	+	2,5	14	40	+	-
8b	w	4	L	+	2,6	13	39	+	-
9	w	4	L		3,3	17	29	+	-
10	w	3	L		4,1	19	31	+	-
11a	w	4	R	+	4,9	12	12	+	(+)
11b	w	4	L	+	5	11	11	+	(+)
12a	w	4	L	+	5,3	10	10	+	-
12b	w	4	R	+	5,4	9	9	+	+
13a	w	3	R	+	6	16	6	(+)	+
13b	w	3	L	+	6,3	13	3	(+)	+
14	w	3	L		9,3	84	84	(+)	-
15	w	3	R	+	10,4	51	51	+	(+)
16a	m	2	L	+	12,8	38	38	-	-
16b	m	2	R	+	13,2	33	33	-	-

Tab. IV-10 Trendelenburg-Duchenne-Zeichen präoperativ und postoperativ

+ = positiv, - = negativ, (+) = minimal positiv; Prozentzahlen anhand der zweiten Nachkommastelle auf eine Nachkommastelle gerundet. Deswegen ergeben einzelne Prozentzahlen addiert teilweise nicht exakt 100,0%

		Anzahl	in %
Prä-OP	Trendelenburg-/Duchenne-Zeichen -	3	13,6%
	+	15	68,2%
	(+)	4	18,2%
	Insgesamt	22	100,0%
Post-OP	Trendelenburg-/Duchenne-Zeichen -	16	72,7%
	+	3	13,6%
	(+)	3	13,6%
	Insgesamt	22	100,0%

IV.1.3 Beinlängendifferenz

Tab. IV-11 Auflistung der Fälle für die Beinlängendifferenz

Nr. = Fallnummer; G = Geschlecht (w = weiblich, m = männlich); Tönnis = Grad der Hüftluxation nach Tönnis präoperativ; KS = Körperseite (L = links; R = rechts); Bilat. = unilateral/bilateral (+ zeigt bilateral an); OP-A = OP-Alter in Jahren; rad. FU = radiologische Follow-Up-Zeit in Monaten; klin. FU = klinische Follow-Up-Zeit in Monaten; BLD Prä-OP = Beinlängendifferenz in cm präoperativ; BLD FU = Beinlängendifferenz in cm beim Follow-Up (- = keine Beinlängendifferenz); Anm.: Die Beinlängendifferenz wird relativ zum kontralateralen Bein angegeben. Daraus folgt, dass in beidseits betroffenen Patienten selbst bei positiven Werten eine absolute Verkürzung des Beines vorliegen kann

Nr.	G	Tönnis	KS	Bilat.	OP-A	rad. FU	klin. FU	BLD Prä-OP	BLD FU
1	w	2	L		1,3	12	12	-	-
2	w	2	L		1,5	14	14	-1,0	+0,5
3	m	2	R		1,6	10	10	-1,0	-
4	w	2	R		1,9	9	10	-1,0	-
5a	w	2	L	+	1,9	10	12	-	-
5b	w	4	R	+	1,9	9	11	-	-
6	w	2	L		2,1	25	10	-1,0	-
7	w	3	L		2,2	13	12	-1,5	-
8a	w	4	R	+	2,5	14	40	-1,0	-
8b	w	4	L	+	2,6	13	39	+1,0	-
9	w	4	L		3,3	17	29	-3,0	+2,0
10	w	3	L		4,1	19	31	-1,5	-
11a	w	4	R	+	4,9	12	12	-	-0,5
11b	w	4	L	+	5	11	11	-	+0,5
12a	w	4	L	+	5,3	10	10	-	-
12b	w	4	R	+	5,4	9	9	-	-
13a	w	3	R	+	6	16	6	-	-
13b	w	3	L	+	6,3	13	3	-	-
14	w	3	L		9,3	84	84	-1,0	-0,5
15	w	3	R	+	10,4	51	51	-1,0	-1,0
16a	m	2	L	+	12,8	38	38	-	-
16b	m	2	R	+	13,2	33	33	-	-

Tab. IV-12 Beinlängendifferenz (BLD) präoperativ und postoperativ

+ = vorhanden; - = nicht vorhanden

		Anzahl	in %
Beinlängendifferenz Prä-OP	-	11	50,0%
	+	11	50,0%
	Insgesamt	22	100,0%
Beinlängendifferenz Post-OP	-	16	72,7%
	+	6	27,3%
	Insgesamt	22	100,0%

IV.1.4 Einschränkung der passiven Hüftgelenksbeweglichkeit

Tab. IV-13 Auflistung der Fälle für die Einschränkung der passiven Beweglichkeit

Nr. = Fallnummer; G = Geschlecht (w = weiblich, m = männlich); Tönnis = Grad der Hüftluxation nach Tönnis präoperativ; KS = Körperseite (L = links; R = rechts); Bilat. = unilateral/bilateral (+ zeigt bilateral an); OP-A = OP-Alter in Jahren; rad. FU = radiologische Follow-Up-Zeit in Monaten; klin. FU = klinische Follow-Up-Zeit in Monaten; EPB Prä-OP = Einschränkung der passiven Beweglichkeit präoperativ; EPB FU = Einschränkung der passiven Beweglichkeit beim Follow-Up (+ = vorhanden; - = nicht vorhanden; (+) = minimal vorhanden)

Nr.	G	Tönnis	KS	Bilat.	OP-A	rad. FU	klin. FU	EPB Prä-OP	EPB FU
1	w	2	L		1,3	12	12	+	(+)
2	w	2	L		1,5	14	14	+	(+)
3	m	2	R		1,6	10	10	+	-
4	w	2	R		1,9	9	10	+	(+)
5a	w	2	L	+	1,9	10	12	+	(+)
5b	w	4	R	+	1,9	9	11	+	(+)
6	w	2	L		2,1	25	10	+	(+)
7	w	3	L		2,2	13	12	+	(+)
8a	w	4	R	+	2,5	14	40	+	(+)
8b	w	4	L	+	2,6	13	39	+	-
9	w	4	L		3,3	17	29	+	+
10	w	3	L		4,1	19	31	+	(+)
11a	w	4	R	+	4,9	12	12	+	-
11b	w	4	L	+	5	11	11	+	-
12a	w	4	L	+	5,3	10	10	+	(+)
12b	w	4	R	+	5,4	9	9	+	+
13a	w	3	R	+	6	16	6	(+)	-
13b	w	3	L	+	6,3	13	3	(+)	-
14	w	3	L		9,3	84	84	-	(+)
15	w	3	R	+	10,4	51	51	-	+
16a	m	2	L	+	12,8	38	38	+	(+)
16b	m	2	R	+	13,2	33	33	+	(+)

Tab. IV-14 Einschränkung der passiven Beweglichkeit präoperativ und postoperativ

+ = vorhanden, - = nicht vorhanden, (+) = minimal vorhanden

		Anzahl	in %
Bew.-Einschr. Prä-OP	-	2	9,1%
	+	18	81,8%
	(+)	2	9,1%
	Insgesamt	22	100,0%
Bew.-Einschr. Post-OP	-	6	27,3%
	+	3	13,6%
	(+)	13	59,1%
	Insgesamt	22	100,0%

IV.1.5 Hüftgelenksschmerzen

Tab. IV-15 Auflistung der Fälle für Hüftgelenksschmerzen

Nr. = Fallnummer; G = Geschlecht (w = weiblich, m = männlich); Tönnis = Grad der Hüftluxation nach Tönnis präoperativ; KS = Körperseite (L = links; R = rechts); Bilat. = unilateral/bilateral (+ zeigt bilateral an); OP-A = OP-Alter in Jahren; rad. FU = radiologische Follow-Up-Zeit in Monaten; klin. FU = klinische Follow-Up-Zeit in Monaten; Sz Prä-OP = Hüftgelenksschmerzen präoperativ; Sz FU = Hüftgelenksschmerzen beim Follow-Up (+ = vorhanden; - = nicht vorhanden)

Nr.	G	Tönnis	KS	Bilat.	OP-A	rad. FU	klin. FU	Sz Prä-OP	Sz FU
1	w	2	L		1,3	12	12	-	-
2	w	2	L		1,5	14	14	-	-
3	m	2	R		1,6	10	10	-	-
4	w	2	R		1,9	9	10	-	-
05a	w	2	L	+	1,9	10	12	-	-
05b	w	4	R	+	1,9	9	11	-	-
6	w	2	L		2,1	25	10	-	-
7	w	3	L		2,2	13	12	-	-
08a	w	4	R	+	2,5	14	40	-	-
08b	w	4	L	+	2,6	13	39	-	-
9	w	4	L		3,3	17	29	-	-
10	w	3	L		4,1	19	31	-	-
11a	w	4	R	+	4,9	12	12	-	-
11b	w	4	L	+	5	11	11	-	-
12a	w	4	L	+	5,3	10	10	-	-
12b	w	4	R	+	5,4	9	9	-	-
13a	w	3	R	+	6	16	6	-	-
13b	w	3	L	+	6,3	13	3	-	-
14	w	3	L		9,3	84	84	-	-
15	w	3	R	+	10,4	51	51	+	-
16a	m	2	L	+	12,8	38	38	+	-
16b	m	2	R	+	13,2	33	33	+	-

Tab. IV-16 Schmerzen im Hüftgelenk präoperativ und postoperativ

+ = vorhanden, - = nicht vorhanden

		Anzahl	in %
Schmerzen Prä-OP	-	19	86,4%
	+	3	13,6%
	Insgesamt	22	100,0%
Schmerzen Post-OP	-	22	100,0%
	+	0	0,0%
	Insgesamt	22	100,0%

IV.2 Radiologische Ergebnisse

IV.2.1 Behandlungsergebnis nach Kriterien von Severin

Tab. IV-17 Fallauflistung Behandlungsergebnis nach Kriterien von Severin

Nr. = Fallnummer; G = Geschlecht (w = weiblich, m = männlich); Tönnis = Grad der Hüftluxation nach Tönnis präoperativ; KS = Körperseite (L = links; R = rechts); Bilat. = unilateral/bilateral (+ zeigt bilateral an); Kompl. = Komplikation (Relux. = Reluxation; Sublux. = Subluxation; Inf. = Wundinfektion/Gelenkinfektion; Reop. = Folgeoperation, welche nicht aufgrund einer Reluxation/Infektion durchgeführt wurde); OP-A = OP-Alter in Jahren; rad. FU = radiologische Follow-Up-Zeit in Monaten; klin. FU = klinische Follow-Up-Zeit in Monaten; Severin = radiologische Kriterien nach Severin; McKay = klinische Kriterien nach McKay

Nr.	G	Tönnis	KS	Bilat.	Kompl.	OP-A	rad. FU	klin. FU	Severin	McKay
1	w	2	L			1,3	12	12	Ila	Good
2	w	2	L			1,5	14	14	Ila	Good
3	m	2	R			1,6	10	10	Ilb	Excellent
4	w	2	R			1,9	9	10	Ila	Good
5a	w	2	L	+		1,9	10	12	Ilb	Good
5b	w	4	R	+		1,9	9	11	Ila	Good
6	w	2	L		Inf.	2,1	25	10	Ila	Good
7	w	3	L			2,2	13	12	Ila	Good
8a	w	4	R	+		2,5	14	40	Ilb	Good
8b	w	4	L	+	Relux.	2,6	13	39	Ila	Excellent
9	w	4	L		Relux.	3,3	17	29	III	Fair
10	w	3	L			4,1	19	31	Ila	Good
11a	w	4	R	+		4,9	12	12	Ila	Good
11b	w	4	L	+		5,0	11	11	Ila	Good
12a	w	4	L	+		5,3	10	10	Ilb	Good
12b	w	4	R	+	Relux.+Inf.	5,4	9	9	III	Fair
13a	w	3	R	+		6,0	16	7	Ilb	Fair
13b	w	3	L	+	.	6,3	13	3	Ilb	Fair
14	w	3	L		Reop.	9,3	84	84	III	Good
15	w	3	R	+		10,4	51	51	III	Fair
16a	m	2	L	+	Sublux.	12,8	38	38	IVa	Good
16b	m	2	R	+		13,2	33	33	III	Good

Tab. IV-18 Radiologische Behandlungsergebnisse nach den Severin-Kriterien¹¹⁹

Die Grade I und II wurden als zufriedenstellendes Behandlungsergebnis gewertet

		Severin								
	Insg.	Ia	Ib	IIa	IIb	III	IVa	IVb	V	VI
Anzahl	22	-	-	10	6	5	1	-	-	-
in %	100%	-	-	45,5%	27,3%	22,7%	4,5%	-	-	-
		72,8%								

Tab. IV-19 Radiologische Behandlungsergebnisse nach den Severin-Kriterien¹¹⁹: unterteilt in Altersgruppen

Die Grade I und II wurden als zufriedenstellendes Behandlungsergebnis gewertet

		OP-Alter					
		<3 Jahre		3-6 Jahre		>6 Jahre	
		Anzahl	in %	Anzahl	in %	Anzahl	in %
Typ nach Severin	Ia	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	Ib	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	IIa	7	70,0%	3	50,0%	0	0,0%
	IIb	3	30,0%	1	16,7%	2	33,3%
	III	0	0,0%	2	33,3%	3	50,0%
	IVa	0	0,0%	0	0,0%	1	16,7%
	IVb	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	V	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
	VI	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%

Tab. IV-20 Radiologische Behandlungsergebnisse nach den Severin-Kriterien¹¹⁹: unterteilt in Altersgruppen

Die Grade I und II wurden als zufriedenstellendes Behandlungsergebnis gewertet

		OP-Alter			
		< 3 Jahre		> 3 Jahre	
		Anzahl	in %	Anzahl	in %
Typ nach Severin	Ia	0	0,0%	0	0,0%
	Ib	0	0,0%	0	0,0%
	IIa	7	70,0%	3	25,0%
	IIb	3	30,0%	3	25,0%
	III	0	0,0%	5	41,7%
	IVa	0	0,0%	1	8,3%
	IVb	0	0,0%	0	0,0%
	V	0	0,0%	0	0,0%
	VI	0	0,0%	0	0,0%

Tab. IV-21 Radiologische Behandlungsergebnisse nach den Severin-Kriterien¹¹⁹: unterteilt in Altersgruppen

Die Grade I und II wurden als zufriedenstellendes Behandlungsergebnis gewertet

		OP-Alter			
		< 6 Jahre		> 6 Jahre	
		Anzahl	in %	Anzahl	in %
Typ nach Severin	Ia	0	0,0%	0	0,0%
	Ib	0	0,0%	0	0,0%
	IIa	10	62,5%	0	0,0%
	IIb	4	25,0%	2	33,3%
	III	2	12,5%	3	50,0%
	IVa	0	0,0%	1	16,7%
	IVb	0	0,0%	0	0,0%
	V	0	0,0%	0	0,0%
	VI	0	0,0%	0	0,0%

IV.2.2 AC-Winkel

IV.2.2.1 Messergebnisse

Tab. IV-22 AC-Winkel: Einzelwerte zu den drei Messzeitpunkten Prä-OP, Post-OP und Follow-Up in Winkelgrad mit Normalwerten und Gradeinteilung

Nr. = Fallnummer; G = Geschlecht (w = weiblich, m = männlich); Tönnis = Grad der Hüftluxation nach Tönnis präoperativ; KS = Körperseite (L = links; R = rechts); A-OP = OP-Alter in Jahren; A-FU = Follow-Up-Alter in Jahren; FU = Follow-Up-Zeit in Monaten; N: Altersentsprechende Normwerte; Grad = Gradeinteilung (Normwerte und Gradeinteilung nach dem Klassifizierungssystem des Arbeitskreises für Hüftdysplasie der DGOT¹⁴; - = Winkel nicht messbar/kein altersentsprechender Normwert vorhanden)

Nr.	G	KS	A- OP	A- FU	FU	Prä- OP	N	Grad	Post- OP	N	Grad	Follow- Up	N	Grad
1	w	L	1,3	2,3	12	44	<25	4	16	<25	1	14	<23	1
2	w	L	1,5	2,7	14	47	<25	4	20	<25	1	12	<23	1
3	m	R	1,6	2,5	10	45	<25	4	25	<25	2	31	<23	3
4	w	R	1,9	2,6	9	53	<25	4	32	<25	3	25	<23	2
5a	w	L	1,9	2,7	10	51	<25	4	30	<25	3	20	<23	1
5b	w	R	1,9	2,7	9	56	<25	4	25	<25	2	19	<23	1
6	w	L	2,1	4,1	25	49	<23	4	34	<23	4	19	<20	1
7	w	L	2,2	3,3	13	42	<23	4	16	<23	1	5	<20	1
8a	w	R	2,5	3,7	14	53	<23	4	32	<23	3	22	<20	2
8b	w	L	2,6	3,7	13	49	<23	4	40	<23	4	24	<20	2
9	w	L	3,3	4,7	17	49	<20	4	40	<20	4	5	<20	1
10	w	L	4,1	5,7	19	48	<20	4	31	<20	4	28	<20	3
11a	w	R	4,9	5,9	12	45	<20	4	18	<20	1	15	<20	1
11b	w	L	5,0	5,9	11	44	<20	4	27	<20	3	23	<20	2
12a	w	L	5,3	6,2	10	51	<20	4	43	<20	4	40	<20	4
12b	w	R	5,4	6,2	9	51	<20	4	38	<20	4	40	<20	4
13a	w	R	6,0	7,4	16	43	<20	4	26	<20	3	24	<15	3
13b	w	L	6,3	7,4	13	42	<20	4	26	<20	3	31	<15	4
14	w	L	9,3	16,3	84	54	<15	4	48	<15	4	-	-	-
15	w	R	10,4	14,6	51	47	<15	4	22	<15	3	-	-	-
16a	m	L	12,8	16,0	38	37	<15	4	17	<15	2	19	-	-
16b	m	R	13,2	16,0	33	41	<15	4	16	<15	2	18	-	-

IV.2.2.2 Statistische Auswertung

IV.2.2.2.1 Allgemeine Statistiken

Tab. IV-23 AC-Winkel: Verteilung der Grade 1 bis 4 zu den drei Messzeitpunkten Prä-OP, Post-OP und Follow-Up

abs. = absolute Anzahl; rel. = relative Anzahl; Gradeinteilung nach dem Klassifizierungssystem des Arbeitskreises für Hüftdysplasie der DGOT¹⁴; nicht gewertete Fälle: Winkel nicht messbar/kein altersentsprechender Normwert vorhanden

	Prä-OP		Post-OP		Follow-Up	
	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.
Grad 1	0	0,0%	4	18,2%	8	36,4%
Grad 2	0	0,0%	4	18,2%	4	18,2%
Grad 3	0	0,0%	7	31,8%	3	13,6%
Grad 4	22	100,0%	7	31,8%	3	13,6%
Nicht gewertet	0	0,0%	0	0,0%	4	18,2%
Insgesamt	22	100,0%	22	100,0%	22	100,0%

Tab. IV-24 AC-Winkel: Basisstatistik der Messwerte

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Fallzahl insgesamt; Gültige Anzahl: Anzahl der Messwerte

	AC-Winkel Prä-OP	AC-Winkel Post-OP	AC-Winkel Follow-Up
Anzahl	22	22	22
Gültige Anzahl	22	22	20
Mittelwert	47,32	28,27	21,70
Standardabweichung	4,82	9,44	9,46
Minimum	37	16	5
Maximum	56	48	40
Perzentil 25	44,00	20,00	16,50
Perzentil 75	51,00	34,00	26,50

Tab. IV-25 Veränderung des AC-Winkels zwischen Messzeitpunkten: Basisstatistik

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Fallzahl insgesamt; Gültige Anzahl: Anzahl der Messwerte

	AC-Winkel Veränderung Prä-OP – Follow-Up	AC-Winkel Veränderung Prä-OP - Post-OP	AC-Winkel Veränderung Post-OP - Follow-Up
Anzahl	22	22	22
Gültige Anzahl	20	22	20
Mittelwert	-25,30	-19,05	-5,85
Standardabweichung	9,58	7,07	9,14
Minimum	-44	-31	-35
Maximum	-11	-6	6
Perzentil 25	-31,00	-25,00	-10,00
Perzentil 75	-18,50	-15,00	0,00

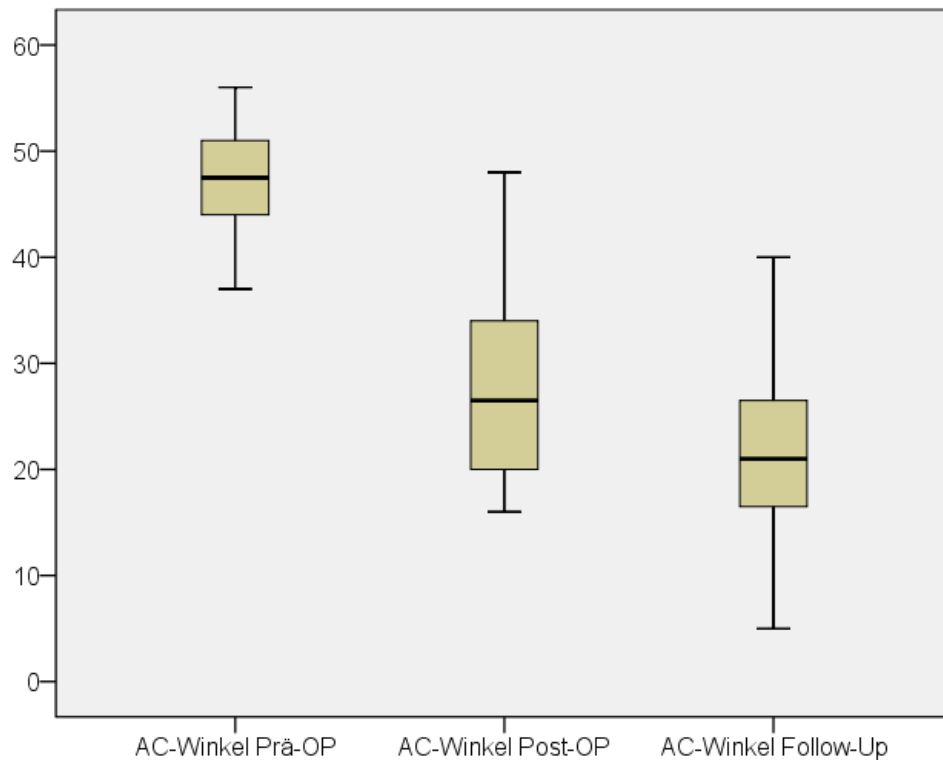


Abb. IV-1 AC-Winkel – Boxplotgrafik

Angaben in Winkelgrad; obere Boxgrenze: 75%-Quartil; untere Boxgrenze: 25%-Quartil; Abstand zwischen oberer und unterer Boxgrenze: Interquartilsabstand (IQR); Strich innerhalb Box: Median, oberer Whisker: höchster Wert innerhalb des Bereichs von $1,5 \times \text{IQR}$ (gemessen ab 75%-Quartil); unterer Whisker: niedrigster Wert innerhalb des Bereichs von $1,5 \times \text{IQR}$ (gemessen ab 25%-Quartil); Werte außerhalb der Whisker: Ausreißer (Kreis: Wert $< 25\text{-Quartil} - \text{IQR} \times 1,5$ oder Wert $> 75\text{-Quartil} + \text{IQR} \times 1,5$; Sternchen: Wert $< 25\text{-Quartil} - \text{IQR} \times 3,0$ oder Wert $> 75\text{-Quartil} + \text{IQR} \times 3,0$)

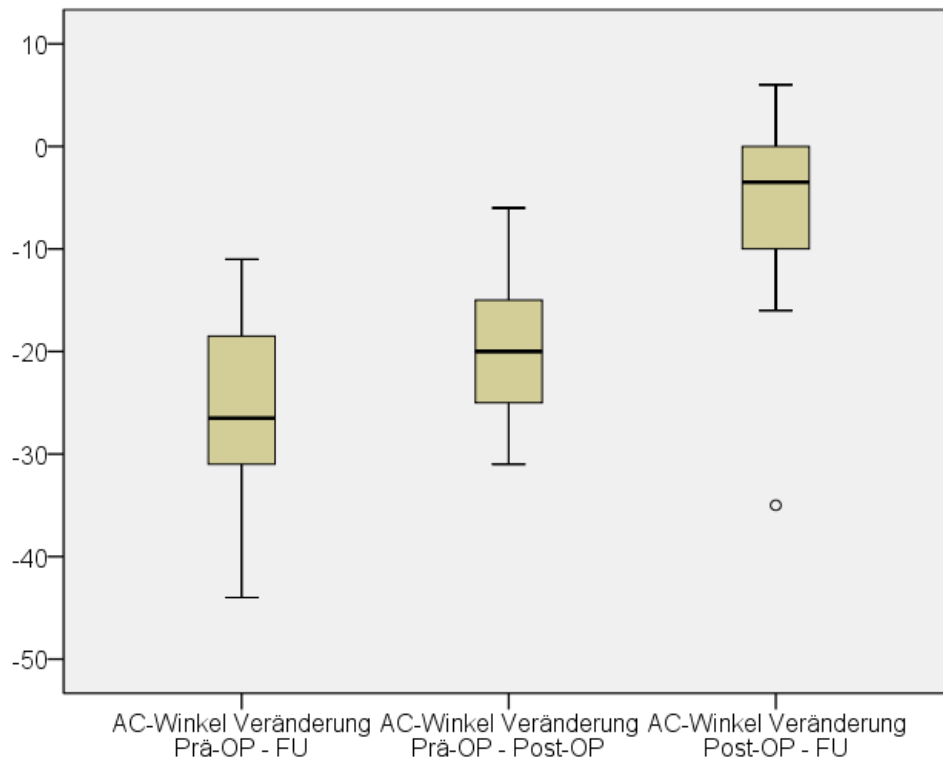


Abb. IV-2 Veränderung des AC-Winkels – Boxplotgrafik

Angaben in Winkelgrad; obere Boxgrenze: 75%-Quartil; untere Boxgrenze: 25%-Quartil; Abstand zwischen oberer und unterer Boxgrenze: Interquartilsabstand (IQR); Strich innerhalb Box: Median, oberer Whisker: höchster Wert innerhalb des Bereichs von $1,5 \times \text{IQR}$ (gemessen ab 75%-Quartil); unterer Whisker: niedrigster Wert innerhalb des Bereichs von $1,5 \times \text{IQR}$ (gemessen ab 25%-Quartil); Werte außerhalb der Whisker: Ausreißer (Kreis: Wert $< 25\text{-Quartil} - \text{IQR} \times 1,5$ oder Wert $> 75\text{-Quartil} + \text{IQR} \times 1,5$; Sternchen: Wert $< 25\text{-Quartil} - \text{IQR} \times 3,0$ oder Wert $> 75\text{-Quartil} + \text{IQR} \times 3,0$)

IV.2.2.2.2 Vergleich der Messergebnisse zwischen Untersuchungszeitpunkten

Tab. IV-26 AC-Winkel: Vergleich der Prä-OP, Post-OP und Follow-Up-Messwerte

Wilcoxon = Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben; Friedman = Friedmans Zweifach-Rangvarianzanalyse verbundener Stichproben; Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Variablen	Stat. Test	Sig.	Niv.
AC Prä-OP / Follow-Up	Wilcoxon	0,000	0,05
AC Prä-OP / Post-OP	Wilcoxon	0,000	0,05
AC Post-OP / Follow-Up	Wilcoxon	0,005	0,05
AC Prä-OP / Post-OP / Follow-Up	Friedman	0,000	0,05

IV.2.2.2.3 Vergleich der Messergebnisse zwischen Patientengruppen

Tab. IV-27 AC-Winkel und Veränderung AC-Winkel zwischen Messzeitpunkten: Vergleich OP Alter <3 Jahre / >3 Jahre

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
OP-Alter < / > 3 J	Prä-OP	Mann-Whitney-U-Test	0,203	0,05
	Post-OP		0,628	0,05
	Follow-Up		0,315	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Test	0,019	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,059	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,043	0,05

Tab. IV-28 Mittelwert AC-Winkel: Vergleich OP Alter <3 Jahre / >3 Jahre

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

OP-Alter < / > 3 Jahre		AC-Winkel Prä-OP	AC-Winkel Post-OP	AC-Winkel Follow-Up
< 3 Jahre	Mittelwert	48,90	27,00	19,10
	Anzahl	10	10	10
> 3 Jahre	Mittelwert	46,00	29,33	24,30
	Anzahl	12	12	10
Gesamtsumme	Mittelwert	47,32	28,27	21,70
	Anzahl	22	22	20

Tab. IV-29 Mittelwert Veränderung AC-Winkel: Vergleich OP Alter <3 Jahre / >3 Jahre

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

OP-Alter < / > 3 Jahre		AC-Winkel Veränderung Prä-OP - Follow-Up	AC-Winkel Veränderung Prä-OP - Post-OP	AC-Winkel Veränderung Post-OP - Follow-Up
< 3 Jahre	Mittelwert	-29,80	-21,90	-7,80
	Anzahl	10	10	10
> 3 Jahre	Mittelwert	-20,80	-16,67	-3,90
	Anzahl	10	12	10
Gesamtsumme	Mittelwert	-25,30	-19,05	-5,85
	Anzahl	20	22	20

Tab. IV-30 AC-Winkel und Veränderung AC-Winkel zwischen Messzeitpunkten: Vergleich OP Alter <6 Jahre / >6 Jahre

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
OP-Alter	Prä-OP	Mann-Whitney-U-Test	0,059	0,05
	Post-OP		0,367	0,05
	Follow-Up		0,820	0,05
< / > 6 J	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Mann-Whitney-U-Test	0,064	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,590	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,011	0,05

Tab. IV-31 Mittelwert AC-Winkel: Vergleich OP Alter <6 Jahre / >6 Jahre
Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

OP-Alter < / > 6 Jahre		AC-Winkel Prä- OP	AC-Winkel Post-OP	AC-Winkel Follow-Up
< 6 Jahre	Mittelwert	48,56	29,19	21,37
	Anzahl	16	16	16
> 6 Jahre	Mittelwert	44,00	25,83	23,00
	Anzahl	6	6	4
Gesamtsumme	Mittelwert	47,32	28,27	21,70
	Anzahl	22	22	20

Tab. IV-32 Mittelwert Veränderung AC-Winkel: Vergleich OP Alter <6 Jahre / >6 Jahre

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

OP-Alter < / > 6 Jahre		AC-Winkel Ver- änderung Prä- OP - Follow-Up	AC-Winkel Ver- änderung Prä- OP - Post-OP	AC-Winkel Ver- änderung Post- OP - Follow-Up
< 6 Jahre	Mittelwert	-27,19	-19,37	-7,75
	Anzahl	16	16	16
> 6 Jahre	Mittelwert	-17,75	-18,17	1,75
	Anzahl	4	6	4
Gesamtsumme	Mittelwert	-25,30	-19,05	-5,85
	Anzahl	20	22	20

Tab. IV-33 AC-Winkel und AC-Winkel-Differenzen: Vergleich männlich / weiblich
Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
männlich / weiblich	Prä-OP		0,021	0,05
	Post-OP	Mann-	0,053	0,05
	Follow-Up	Whitney-U-	1,000	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Test	0,179	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,651	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,012	0,05

Tab. IV-34 Mittelwert AC-Winkel: Vergleich männlich / weiblich
Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Geschlecht		AC-Winkel Prä-OP	AC-Winkel Post-OP	AC-Winkel Follow-Up
m	Mittelwert	41,00	19,33	22,67
	Anzahl	3	3	3
w	Mittelwert	48,32	29,68	21,53
	Anzahl	19	19	17
Gesamtsumme	Mittelwert	47,32	28,27	21,70
	Anzahl	22	22	20

Tab. IV-35 Mittelwert Veränderung AC-Winkel: Vergleich männlich / weiblich
Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Geschlecht		AC-Winkel Ver- änderung Prä- OP - Follow-Up	AC-Winkel Ver- änderung Prä- OP - Post-OP	AC-Winkel Ver- änderung Post- OP - Follow-Up
m	Mittelwert	-18,33	-21,67	3,33
	Anzahl	3	3	3
w	Mittelwert	-26,53	-18,63	-7,47
	Anzahl	17	19	17
Gesamtsumme	Mittelwert	-25,30	-19,05	-5,85
	Anzahl	20	22	20

Tab. IV-36 AC-Winkel und AC-Winkel-Differenzen: Vergleich unilateral / bilateral
Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
unilateral / bilateral	Prä-OP	Mann- Whitney-U- Test	0,695	0,05
	Post-OP		0,845	0,05
	Follow-Up		0,181	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up		0,135	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		1,000	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,270	0,05

Tab. IV-37 Mittelwert AC-Winkel: Vergleich unilateral / bilateral

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Bilateral		AC-Winkel Prä- OP	AC-Winkel Post-OP	AC-Winkel Follow-Up
unilateral	Mittelwert	47,89	29,11	17,38
	Anzahl	9	9	8
bilateral	Mittelwert	46,92	27,69	24,58
	Anzahl	13	13	12
Gesamtsumme	Mittelwert	47,32	28,27	21,70
	Anzahl	22	22	20

Tab. IV-38 Mittelwert Veränderung AC-Winkel: Vergleich unilateral / bilateral

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Bilateral		AC-Winkel Ver- änderung Prä- OP - Follow-Up	AC-Winkel Ver- änderung Prä- OP - Post-OP	AC-Winkel Ver- änderung Post- OP - Follow-Up
unilateral	Mittelwert	-29,75	-18,78	-9,25
	Anzahl	8	9	8
bilateral	Mittelwert	-22,33	-19,23	-3,58
	Anzahl	12	13	12
Gesamtsumme	Mittelwert	-25,30	-19,05	-5,85
	Anzahl	20	22	20

Tab. IV-39 AC-Winkel und AC-Winkel-Differenzen: Vergleich linkes Hüftgelenk / rechtes Hüftgelenk

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
links / rechts	Prä-OP	Mann-Whitney-U-Test	0,556	0,05
	Post-OP		0,393	0,05
	Follow-Up		0,384	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up		0,734	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,110	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,157	0,05

Tab. IV-40 Mittelwert AC-Winkel: Vergleich links / rechts

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Körperseite		AC-Winkel Prä-OP	AC-Winkel Post-OP	AC-Winkel Follow-Up
L	Mittelwert	46,69	29,85	20,00
	Anzahl	13	13	12
R	Mittelwert	48,22	26,00	24,25
	Anzahl	9	9	8
Gesamtsumme	Mittelwert	47,32	28,27	21,70
	Anzahl	22	22	20

Tab. IV-41 Mittelwert Veränderung AC-Winkel: Vergleich links / rechts

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Körperseite		AC-Winkel Ver- änderung Prä- OP - Follow-Up	AC-Winkel Ver- änderung Prä- OP - Post-OP	AC-Winkel Ver- änderung Post- OP - Follow-Up
L	Mittelwert	-26,08	-16,85	-8,25
	Anzahl	12	13	12
R	Mittelwert	-24,13	-22,22	-2,25
	Anzahl	8	9	8
Gesamtsumme	Mittelwert	-25,30	-19,05	-5,85
	Anzahl	20	22	20

Tab. IV-42 AC-Winkel und Veränderung AC-Winkel: Vergleich Tönnis Grad 2 / Tönnis Grad 3

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
Tönnis 2 /	Prä-OP	Mann- Whitney-U- Test	0,950	0,05
	Post-OP		0,573	0,05
	Follow-Up		0,461	0,05
Tönnis 3	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Test	0,570	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,228	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		1,000	0,05

Tab. IV-43 AC-Winkel und Veränderung AC-Winkel: Vergleich Tönnis Grad 2 / Tönnis Grad 4

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
Tönnis 2 /	Prä-OP	Mann-Whitney-U-Test	0,161	0,05
	Post-OP		0,050	0,05
	Follow-Up		0,442	0,05
Tönnis 4	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Test	0,959	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,159	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,382	0,05

Tab. IV-44 AC-Winkel und Veränderung AC-Winkel: Vergleich Tönnis Grad 3 / Tönnis Grad 4

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
Tönnis 3 /	Prä-OP	Mann-Whitney-U-Test	0,108	0,05
	Post-OP		0,345	0,05
	Follow-Up		0,808	0,05
Tönnis 4	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Test	0,461	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		1,000	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,283	0,05

Tab. IV-45 Mittelwert AC-Winkel: Vergleich zwischen Tönnis Grad 2-4
Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Luxationsgrad nach Tönnis		AC-Winkel Prä- OP	AC-Winkel Post-OP	AC-Winkel Follow-Up
Tönnis Grad 2	Mittelwert	45,88	23,75	19,75
	Anzahl	8	8	8
Tönnis Grad 3	Mittelwert	46,00	28,17	22,00
	Anzahl	6	6	4
Tönnis Grad 4	Mittelwert	49,75	32,88	23,50
	Anzahl	8	8	8
Gesamtsumme	Mittelwert	47,32	28,27	21,70
	Anzahl	22	22	20

Tab. IV-46 Mittelwert Veränderung AC-Winkel: Vergleich zwischen Tönnis Grad 2-4

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Luxationsgrad nach Tönnis		AC-Winkel Ver- änderung Prä- OP - Follow-Up	AC-Winkel Ver- änderung Prä- OP - Post-OP	AC-Winkel Ver- änderung Post- OP - Follow-Up
Tönnis Grad 2	Mittelwert	-26,13	-22,13	-3,88
	Anzahl	8	8	8
Tönnis Grad 3	Mittelwert	-21,75	-17,83	-2,75
	Anzahl	4	6	4
Tönnis Grad 4	Mittelwert	-26,25	-16,88	-9,38
	Anzahl	8	8	8
Gesamtsumme	Mittelwert	-25,30	-19,05	-5,85
	Anzahl	20	22	20

IV.2.3 CE-Winkel

IV.2.3.1 Messergebnisse

Tab. IV-47 CE-Winkel: Einzelwerte zu den drei Messzeitpunkten Prä-OP, Post-OP und Follow-Up in Winkelgrad mit Normalwerten und Gradeinteilung

Nr. = Fallnummer; G = Geschlecht (w = weiblich, m = männlich); Tönnis = Grad der Hüftluxation nach Tönnis präoperativ; KS = Körperseite (L = links; R = rechts); A-OP = OP-Alter in Jahren; A-FU = Follow-Up-Alter in Jahren; FU = Follow-Up-Zeit in Monaten; N: Altersentsprechende Normwerte; Grad = Gradeinteilung (Normwerte und Gradeinteilung nach dem Klassifizierungssystem des Arbeitskreises für Hüftdysplasie der DGOT¹⁴; - = Winkel nicht messbar/kein altersentsprechender Normwert vorhanden)

Nr.	G	KS	A- OP	A-FU	FU	Prä- OP	N	Grad	Post- OP	N	Grad	Follow- Up	N	Grad
1	w	L	1,3	2,3	12	-3	>19	4	39	>19	1	26	>19	1
2	w	L	1,5	2,7	14	-16	>19	4	28	>19	1	43	>19	1
3	m	R	1,6	2,5	10	0	>19	3	30	>19	1	18	>19	2
4	w	R	1,9	2,6	9	-10	>19	4	1	>19	3	20	>19	1
5a	w	L	1,9	2,7	10	-22	>19	4	20	>19	1	18	>19	2
5b	w	R	1,9	2,7	9	-57	>19	4	22	>19	1	25	>19	1
6	w	L	2,1	4,1	25	-21	>19	4	20	>19	1	30	>19	1
7	w	L	2,2	3,3	13	-20	>19	4	50	>19	1	36	>19	1
8a	w	R	2,5	3,7	14	-70	>19	4	13	>19	3	17	>19	2
8b	w	L	2,6	3,7	13	-45	>19	4	37	>19	1	21	>19	1
9	w	L	3,3	4,7	17	-95	>19	4	-	>19	-	48	>19	1
10	w	L	4,1	5,7	19	-5	>19	4	29	>19	1	30	>19	1
11a	w	R	4,9	5,9	12	-20	>19	4	30	>19	1	28	>19	1
11b	w	L	5,0	5,9	11	-14	>19	4	23	>19	1	27	>19	1
12a	w	L	5,3	6,2	10	-33	<19	4	15	<19	2	19	>19	2
12b	w	R	5,4	6,2	9	-8	>19	4	13	>19	3	13	>19	3
13a	w	R	6,0	7,4	16	1	>19	3	31	>19	1	15	>19	2
13b	w	L	6,3	7,4	13	-9	>19	4	20	>19	1	15	>19	2
14	w	L	9,3	15,1	84	-	>24	-	14	>24	3	2	>24	4
15	w	R	10,4	11,9	51	7	>24	3	2	>24	4	0	>24	4
16a	m	L	12,8	16,0	38	0	>24	4	14	>24	3	0	>24	4
16b	m	R	13,2	16,0	33	-3	>24	4	20	>24	2	10	>24	3

IV.2.3.2 Statistische Auswertung

IV.2.3.2.1 Allgemeine Statistiken

Tab. IV-48 CE-Winkel: Verteilung der Grade 1 bis 4 zu den drei Messzeitpunkten

abs. = absolute Anzahl; rel. = relative Anzahl; Gradeinteilung nach dem Klassifizierungssystem des Arbeitskreises für Hüftdysplasie der DGOT¹⁴; nicht gewertete Fälle: Winkel nicht messbar/kein altersentsprechender Normwert vorhanden

	Prä-OP		Post-OP		Follow-UP	
	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.
Grad 1	0	0,0%	13	59,1%	11	50,0%
Grad 2	0	0,0%	2	9,1%	6	27,3%
Grad 3	3	13,6%	5	22,7%	2	9,2%
Grad 4	18	81,8%	1	4,6%	3	13,6%
Nicht gewertet	1	4,6%	1	4,6%	0	0,0%
Insgesamt	22	100,0%	22	100,0%	22	100,0%

Tab. IV-49 CE-Winkel: Basisstatistik der Messwerte

in Winkelgrad; Anzahl: Fallzahl insgesamt; Gültige Anzahl: Anzahl der Messwerte

	CE-Winkel Prä- OP	CE-Winkel Post-OP	CE-Winkel Follow-Up
Anzahl	22	22	22
Gültige Anzahl	22	21	22
Mittelwert	-23,18	22,43	21,41
Standardabweichung	27,14	11,80	11,83
Minimum	-95	1	0
Maximum	7	50	48
Perzentil 25	-33,00	14,00	15,00
Perzentil 75	-3,00	30,00	28,00

Tab. IV-50 Veränderung des CE-Winkels zwischen Messzeitpunkten: Basisstatistik

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Fallzahl insgesamt; Gültige Anzahl: Anzahl der Messwerte

	CE-Winkel Veränderung Prä-OP – Follow-Up	CE-Winkel Veränderung Prä-OP - Post-OP	CE-Winkel Veränderung Post-OP - Follow-Up
Anzahl	22	22	22
Gültige Anzahl	21	20	21
Mittelwert	42,95	40,25	-2,76
Standardabweichung	33,60	23,82	10,20
Minimum	-7	-5	-16
Maximum	143	83	19
Perzentil 25	21,00	26,00	-12,00
Perzentil 75	56,00	49,00	4,00

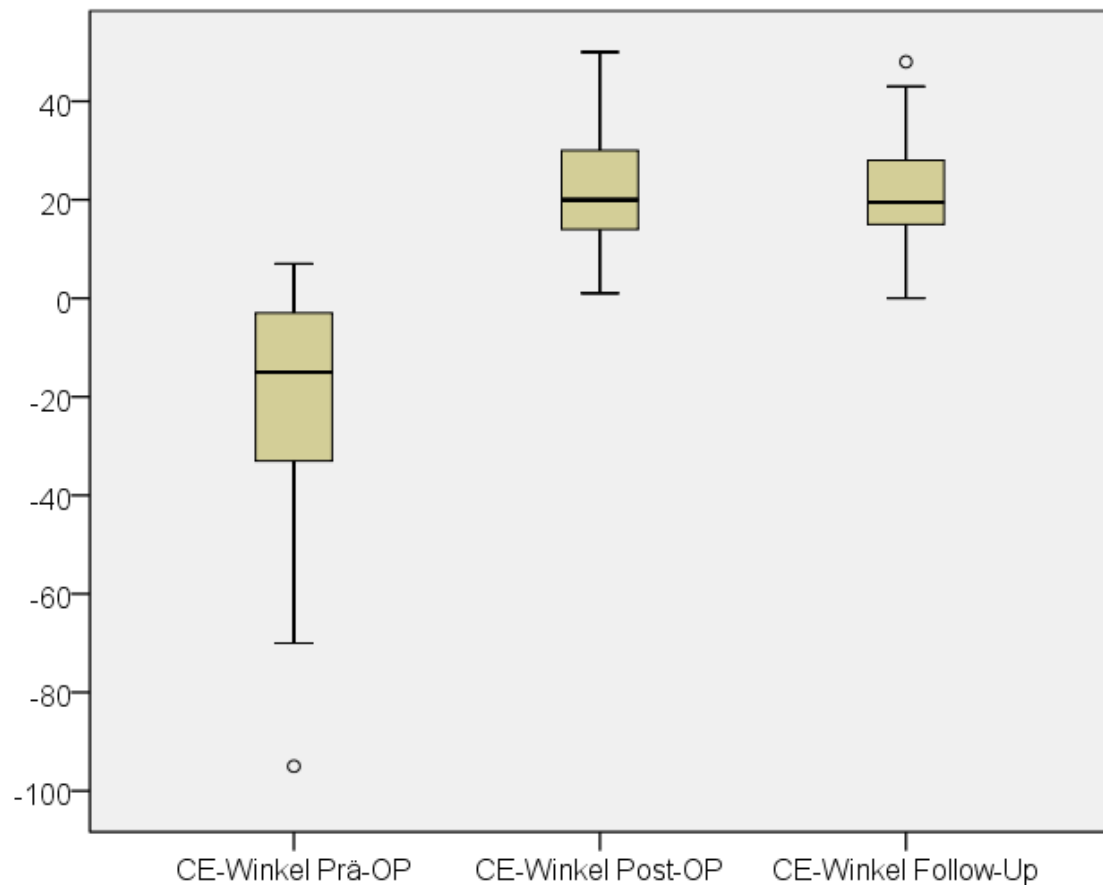


Abb. IV-3 CE-Winkel: Boxplotgrafik

Angaben in Winkelgrad; obere Boxgrenze: 75%-Quartil; untere Boxgrenze: 25%-Quartil; Abstand zwischen oberer und unterer Boxgrenze: Interquartilsabstand (IQR); Strich innerhalb Box: Median, oberer Whisker: höchster Wert innerhalb des Bereichs von $1,5 \times \text{IQR}$ (gemessen ab 75%-Quartil); unterer Whisker: niedrigster Wert innerhalb des Bereichs von $1,5 \times \text{IQR}$ (gemessen ab 25%-Quartil); Werte außerhalb der Whisker: Ausreißer (Kreis: Wert $< 25\text{-Quartil} - \text{IQR} \times 1,5$ oder Wert $> 75\text{-Quartil} + \text{IQR} \times 1,5$; Sternchen: Wert $< 25\text{-Quartil} - \text{IQR} \times 3,0$ oder Wert $> 75\text{-Quartil} + \text{IQR} \times 3,0$)

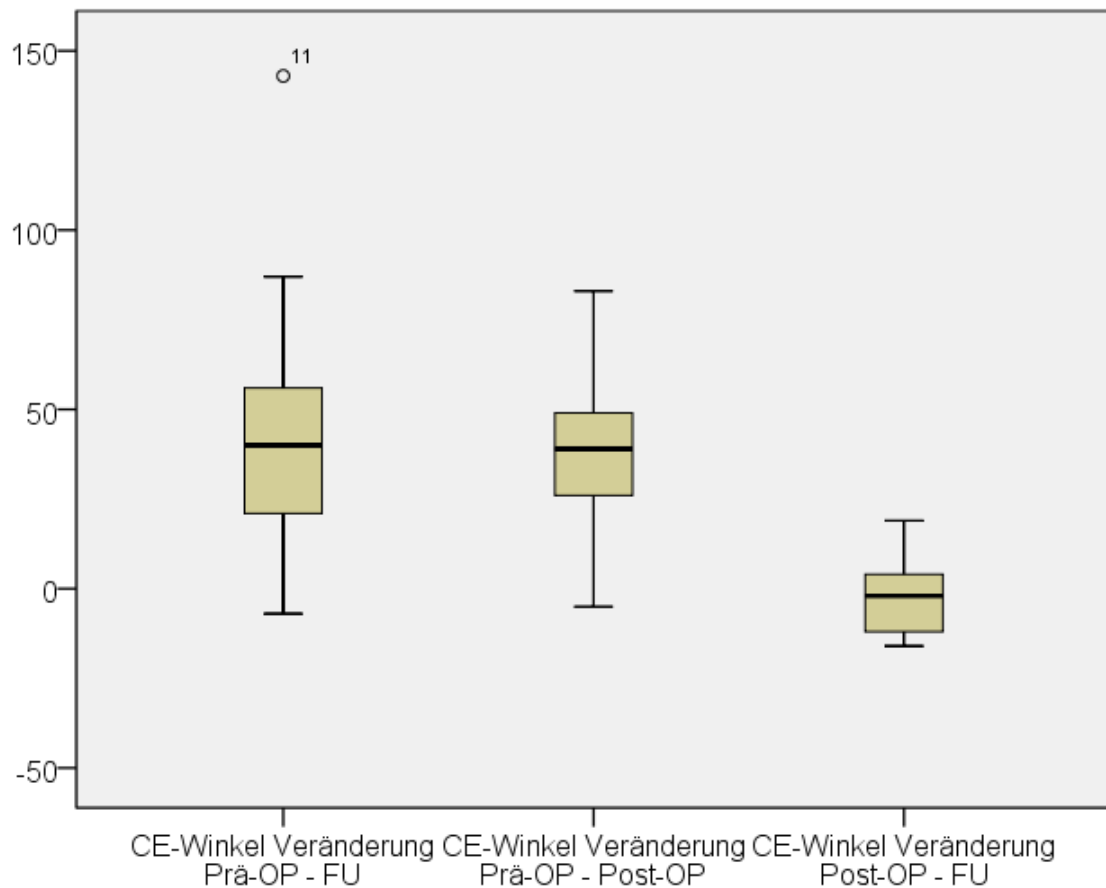


Abb. IV-4 Veränderung des CE-Winkels: Boxplotgrafik

Angaben in Winkelgrad; obere Boxgrenze: 75%-Quartil; untere Boxgrenze: 25%-Quartil; Abstand zwischen oberer und unterer Boxgrenze: Interquartilsabstand (IQR); Strich innerhalb Box: Median, oberer Whisker: höchster Wert innerhalb des Bereichs von $1,5 \times \text{IQR}$ (gemessen ab 75%-Quartil); unterer Whisker: niedrigster Wert innerhalb des Bereichs von $1,5 \times \text{IQR}$ (gemessen ab 25%-Quartil); Werte außerhalb der Whisker: Ausreißer (Kreis: Wert $< 25\text{-Quartil} - \text{IQR} \times 1,5$ oder Wert $> 75\text{-Quartil} + \text{IQR} \times 1,5$; Sternchen: Wert $< 25\text{-Quartil} - \text{IQR} \times 3,0$ oder Wert $> 75\text{-Quartil} + \text{IQR} \times 3,0$)

IV.2.3.2.2 Vergleich der Messergebnisse zwischen Untersuchungszeitpunkten

Tab. IV-51 CE-Winkel: Vergleich der Prä-OP, Post-OP und Follow-Up-Messwerte

Wilcoxon = Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben; Friedman = Friedmans Zweifach-Rangvarianzanalyse verbundener Stichproben; Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Variablen	Stat. Test	Sig.	Niv.
CE Prä-OP / Follow-Up	Wilcoxon	0,000	0,05
CE Prä-OP / Post-OP	Wilcoxon	0,000	0,05
CE Post-OP / Follow-Up	Wilcoxon	0,341	0,05
CE Prä-OP / Post-OP / Follow-Up	Friedman	0,000	0,05

IV.2.3.2.3 Vergleich der Messergebnisse zwischen Patientengruppen

Tab. IV-52 CE-Winkel und CE-Winkel-Veränderung: Vergleich OP Alter <3 Jahre / >3 Jahre

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
OP-Alter < / > 3 J	Prä-OP	Mann-Whitney-U-Test	0,228	0,05
	Post-OP		0,282	0,05
	Follow-Up		0,093	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up		0,061	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,029	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,512	0,05

Tab. IV-53 Mittelwert CE-Winkel: Vergleich OP Alter <3 Jahre / >3 Jahre

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

OP-Alter < / > 3 Jahre		CE-Winkel Prä-OP	CE-Winkel Post-OP	CE-Winkel Follow-Up
< 3 Jahre	Mittelwert	-26,40	26,00	25,40
	Anzahl	10	10	10
> 3 Jahre	Mittelwert	-20,50	19,18	18,08
	Anzahl	12	11	12
Gesamtsumme	Mittelwert	-23,18	22,43	21,41
	Anzahl	22	21	22

Tab. IV-54 Mittelwert Veränderung CE-Winkel: Vergleich OP Alter <3 Jahre / >3 Jahre

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

OP-Alter < / > 3 Jahre		CE-Winkel Ver- änderung Prä- OP - Follow-Up	CE-Winkel Ver- änderung Prä- OP - Post-OP	CE-Winkel Ver- änderung Post- OP - Follow-Up
< 3 Jahre	Mittelwert	51,80	52,40	-0,60
	Anzahl	10	10	10
> 3 Jahre	Mittelwert	34,91	28,10	-4,73
	Anzahl	11	10	11
Gesamtsumme	Mittelwert	42,95	40,25	-2,76
	Anzahl	21	20	21

Tab. IV-55 CE-Winkel und CE-Winkel-Veränderung: Vergleich OP Alter <6 Jahre / >6 Jahre

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
OP-Alter	Prä-OP		0,040	0,05
	Post-OP	Mann-	0,235	0,05
	Follow-Up	Whitney-U-	0,000	0,05
< / > 6 J	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Test	0,000	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,005	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,036	0,05

Tab. IV-56 Mittelwert CE-Winkel: Vergleich OP Alter <6 Jahre / >6 Jahre
Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

OP-Alter < / > 6 Jahre		CE-Winkel Prä- OP	CE-Winkel Post-OP	CE-Winkel Follow-Up
< 6 Jahre	Mittelwert	-27,44	24,67	26,19
	Anzahl	16	15	16
> 6 Jahre	Mittelwert	-11,83	16,83	8,67
	Anzahl	6	6	6
Gesamtsumme	Mittelwert	-23,18	22,43	21,41
	Anzahl	22	21	22

Tab. IV-57 Mittelwert Veränderung CE-Winkel: Vergleich OP Alter <6 Jahre / >6 Jahre

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

OP-Alter < / > 6 Jahre		CE-Winkel Ver- änderung Prä- OP - Follow-Up	CE-Winkel Ver- änderung Prä- OP - Post-OP	CE-Winkel Ver- änderung Post- OP - Follow-Up
< 6 Jahre	Mittelwert	53,63	47,60	0,07
	Anzahl	16	15	15
> 6 Jahre	Mittelwert	8,80	18,20	-9,83
	Anzahl	5	5	6
Gesamtsumme	Mittelwert	42,95	40,25	-2,76
	Anzahl	21	20	21

Tab. IV-58 CE-Winkel und CE-Winkel-Veränderung: Vergleich männlich / weiblich

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
männlich / weiblich	Prä-OP		0,030	0,05
	Post-OP	Mann-	0,887	0,05
	Follow-Up	Whitney-U-	0,053	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Test	0,017	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,093	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,153	0,05

Tab. IV-59 Mittelwert CE-Winkel: Vergleich männlich / weiblich

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Geschlecht		CE-Winkel Prä-OP	CE-Winkel Post-OP	CE-Winkel Follow-Up
m	Mittelwert	-1,00	21,33	9,33
	Anzahl	3	3	3
w	Mittelwert	-26,68	22,61	23,32
	Anzahl	19	18	19
Gesamtsumme	Mittelwert	-23,18	22,43	21,41
	Anzahl	22	21	22

Tab. IV-60 Mittelwert Veränderung CE-Winkel: Vergleich männlich / weiblich

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Geschlecht		CE-Winkel Ver- änderung Prä- OP – Follow-Up	CE-Winkel Ver- änderung Prä- OP - Post-OP	CE-Winkel Ver- änderung Post- OP - Follow-Up
m	Mittelwert	10,33	22,33	-12,00
	Anzahl	3	3	3
w	Mittelwert	48,39	43,41	-1,22
	Anzahl	18	17	18
Gesamtsumme	Mittelwert	42,95	40,25	-2,76
	Anzahl	21	20	21

Tab. IV-61 CE-Winkel und CE-Winkel-Veränderung: Vergleich unilateral / bilateral

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
unilateral / bilateral	Prä-OP	Mann- Whitney-U- Test	0,744	0,05
	Post-OP		0,301	0,05
	Follow-Up		0,017	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up		0,414	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		1,000	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,595	0,05

Tab. IV-62 Mittelwert CE-Winkel: Vergleich unilateral / bilateral

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Bilateral		CE-Winkel Prä- OP	CE-Winkel Post-OP	CE-Winkel Follow-Up
unilateral	Mittelwert	-26,33	26,38	28,11
	Anzahl	9	8	10
bilateral	Mittelwert	-21,00	20,00	16,77
	Anzahl	13	13	13
Gesamtsumme	Mittelwert	-23,18	22,43	21,41
	Anzahl	22	21	22

Tab. IV-63 Mittelwert Veränderung CE-Winkel: Vergleich unilateral / bilateral

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Bilateral		CE-Winkel Ver- änderung Prä- OP - Follow-Up	CE-Winkel Ver- änderung Prä- OP - Post-OP	CE-Winkel Ver- änderung Post- OP - Follow-Up
unilateral	Mittelwert	52,63	38,86	-0,75
	Anzahl	8	7	8
bilateral	Mittelwert	37,00	41,00	-4,00
	Anzahl	13	13	13
Gesamtsumme	Mittelwert	42,95	40,25	-2,76
	Anzahl	21	20	21

Tab. IV-64 CE-Winkel und CE-Winkel-Veränderung: Vergleich links / rechts

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
links / rechts	Prä-OP	Mann-Whitney-U-Test	0,186	0,05
	Post-OP		0,247	0,05
	Follow-Up		0,110	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up		0,193	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,331	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,754	0,05

Tab. IV-65 Mittelwert CE-Winkel: Vergleich links / rechts

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Körperseite		CE-Winkel Prä-OP	CE-Winkel Post-OP	CE-Winkel Follow-Up
L	Mittelwert	-26,92	25,75	24,23
	Anzahl	13	12	13
R	Mittelwert	-17,78	18,00	17,33
	Anzahl	9	9	9
Gesamtsumme	Mittelwert	-23,18	22,43	21,41
	Anzahl	22	21	22

Tab. IV-66 Mittelwert Veränderung CE-Winkel: Vergleich links / rechts
in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Körperseite		CE-Winkel Ver- änderung Prä- OP - Follow-Up	CE-Winkel Ver- änderung Prä- OP - Post-OP	CE-Winkel Ver- änderung Post- OP - Follow-Up
L	Mittelwert	49,67	43,91	-3,50
	Anzahl	12	11	12
R	Mittelwert	34,00	35,78	-1,78
	Anzahl	9	9	9
Gesamtsumme	Mittelwert	42,95	40,25	-2,76
	Anzahl	21	20	21

Tab. IV-67 CE-Winkel und CE-Winkel-Differenzen: Vergleich Tönnis Grad 2 / Tönnis Grad 3

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
Tönnis 2 /	Prä-OP	Mann- Whitney-U- Test	0,852	0,05
	Post-OP		0,755	0,05
	Follow-Up		0,662	0,05
Tönnis 3	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Test	0,724	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,833	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,345	0,05

Tab. IV-68 CE-Winkel und CE-Winkel-Differenzen: Vergleich Tönnis Grad 2 / Tönnis Grad 4

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
Tönnis 2 /	Prä-OP		0,015	0,05
	Post-OP	Mann-	0,955	0,05
	Follow-Up	Whitney-U-	0,574	0,05
Tönnis 4	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Test	0,021	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,040	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,867	0,05

Tab. IV-69 CE-Winkel und CE-Winkel-Differenzen: Vergleich Tönnis Grad 3 / Tönnis Grad 4

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
Tönnis 3 /	Prä-OP		0,059	0,05
	Post-OP	Mann-	0,836	0,05
	Follow-Up	Whitney-U-	0,345	0,05
Tönnis 4	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Test	0,045	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,106	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,073	0,05

Tab. IV-70 Mittelwert CE-Winkel: Vergleich Tönnis Grad 2-4

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Luxationsgrad nach Tönnis		CE-Winkel Prä- OP	CE-Winkel Post-OP	CE-Winkel Follow-Up
Tönnis Grad 2	Mittelwert	-9,38	21,50	20,63
	Anzahl	8	8	8
Tönnis Grad 3	Mittelwert	-15,50	24,33	18,00
	Anzahl	6	6	6
Tönnis Grad 4	Mittelwert	-42,75	21,86	24,75
	Anzahl	8	7	8
Gesamtsumme	Mittelwert	-23,18	22,43	21,41
	Anzahl	22	21	22

Tab. IV-71 Mittelwert Veränderung CE-Winkel: Vergleich Tönnis Grad 2-4

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Luxationsgrad nach Tönnis		CE-Winkel Ver- änderung Prä- OP - Follow-Up	CE-Winkel Ver- änderung Prä- OP - Post-OP	CE-Winkel Ver- änderung Post- OP - Follow-Up
Tönnis Grad 2	Mittelwert	30,00	30,88	-,88
	Anzahl	8	8	8
Tönnis Grad 3	Mittelwert	24,40	31,60	-8,00
	Anzahl	5	5	6
Tönnis Grad 4	Mittelwert	67,50	57,14	-0,43
	Anzahl	8	7	7
Gesamtsumme	Mittelwert	42,95	40,25	-2,76
	Anzahl	21	20	21

IV.2.4 Pfannenneigungswinkel

IV.2.4.1 Messergebnisse

Tab. IV-72 Pfannenneigungswinkel: Einzelwerte zu den drei Messzeitpunkten in Winkelgrad mit Normalwerten und Gradeinteilung

Nr. = Fallnummer; G = Geschlecht (w = weiblich, m = männlich); Tönnis = Grad der Hüftluxation nach Tönnis präoperativ; KS = Körperseite (L = links; R = rechts); A-OP = OP-Alter in Jahren; A-FU = Follow-Up-Alter in Jahren; FU = Follow-Up-Zeit in Monaten; N: Altersentsprechende Normwerte; Grad = Gradeinteilung (Normwerte und Gradeinteilung nach dem Klassifizierungssystem des Arbeitskreises für Hüftdysplasie der DGOT¹⁴; - = Winkel nicht messbar/kein altersentsprechender Normwert vorhanden)

Nr.	G	KS	A- OP	A-FU	FU	Prä- OP	N	G	Post- OP	N	G	Follow- UP	N	G
1	w	L	1,3	2,3	12	52	<50	2	31	<50	1	37	<50	1
2	w	L	1,5	2,7	14	58	<50	4	29	<50	1	31	<50	1
3	m	R	1,6	2,5	10	55	<50	3	41	<50	1	48	<50	1
4	w	R	1,9	2,6	9	56	<50	4	48	<50	1	50	<50	2
5a	w	L	1,9	2,7	10	60	<50	4	40	<50	1	44	<50	1
5b	w	R	1,9	2,7	9	65	<50	4	39	<50	1	40	<50	1
6	w	L	2,1	4,1	25	59	<50	4	49	<50	1	46	<50	1
7	w	L	2,2	3,3	13	55	<50	3	-	<50	-	36	<50	1
8a	w	R	2,5	3,7	14	63	<50	4	51	<50	2	43	<50	1
8b	w	L	2,6	3,7	13	66	<50	4	46	<50	1	44	<50	1
9	w	L	3,3	4,7	17	60	<50	4	48	<50	1	36	<50	1
10	w	L	4,1	5,7	19	56	<50	4	46	<50	1	42	<50	1
11a	w	R	4,9	5,9	12	59	<50	4	42	<50	1	38	<50	1
11b	w	L	5,0	5,9	11	57	<50	4	40	<50	1	38	<50	1
12a	w	L	5,3	6,2	10	56	<50	4	50	<50	2	47	<50	1
12b	w	R	5,4	6,2	9	56	<50	4	49	<50	1	56	<50	4
13a	w	R	6,0	7,4	16	54	<50	3	40	<50	1	39	<50	1
13b	w	L	6,3	7,4	13	55	<50	3	41	<50	1	46	<50	1
14	w	L	9,3	15,1	70	62	<50	4	47	<50	1	40	<44	1
15	w	R	10,4	11,9	18	58	<50	4	40	<50	1	44	<48	1
16a	m	L	12,8	16,0	38	47	<48	1	34	<48	1	38	<44	1
16b	m	R	13,2	16,0	33	49	<46	2	32	<46	1	38	<44	1

IV.2.4.2 Statistische Auswertung

IV.2.4.2.1 Allgemeine Statistiken

Tab. IV-73 Pfannenneigungswinkel: Verteilung der Grade 1 bis 4 zu den drei Messzeitpunkten

abs. = absolute Anzahl; rel. = relative Anzahl; Gradeinteilung nach dem Klassifizierungssystem des Arbeitskreises für Hüftdysplasie der DGOT¹⁴; nicht gewertete Fälle: Winkel nicht messbar/kein altersentsprechender Normwert vorhanden

	Prä-OP		Post-OP		Follow-UP	
	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.
Grad 1	1	4,5%	19	86,4%	20	91,0%
Grad 2	2	9,1%	2	9,1%	1	4,5%
Grad 3	4	18,2%	0	0,0%	0	0,0%
Grad 4	15	68,2%	0	0,0%	1	4,5%
Nicht gewertet	0	0,0%	1	4,5%	0	0,0%
Insgesamt	22	100,0%	22	100,0%	22	100,0%

Tab. IV-74 Pfannenneigungswinkel: Basisstatistik der Messwerte

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Fallzahl insgesamt; Gültige Anzahl: Anzahl der Messwerte

	PNW Prä-OP	PNW Post-OP	PNW Follow-UP
Anzahl	22	22	22
Gültige Anzahl	22	21	22
Mittelwert	57,18	42,05	41,86
Standardabweichung	4,62	6,53	5,63
Minimum	47	29	31
Maximum	66	51	56
Perzentil 25	55,00	40,00	38,00
Perzentil 75	60,00	48,00	46,00

Tab. IV-75 Veränderung des Pfannenneigungswinkels zwischen Messzeitpunkten: Basisstatistik

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Fallzahl insgesamt; Gültige Anzahl: Anzahl der Messwert

	PNW Veränderung Prä-OP – Follow-Up	PNW Veränderung Prä-OP - Post-OP	PNW Veränderung Post-OP - Follow-Up
Anzahl	22	22	22
Gültige Anzahl	22	21	21
Mittelwert	-15,32	-15,24	0,10
Standardabweichung	6,95	5,88	5,33
Minimum	-27	-29	-12
Maximum	0	-6	7
Perzentil 25	-21,00	-18,00	-3,00
Perzentil 75	-9,00	-12,00	4,00

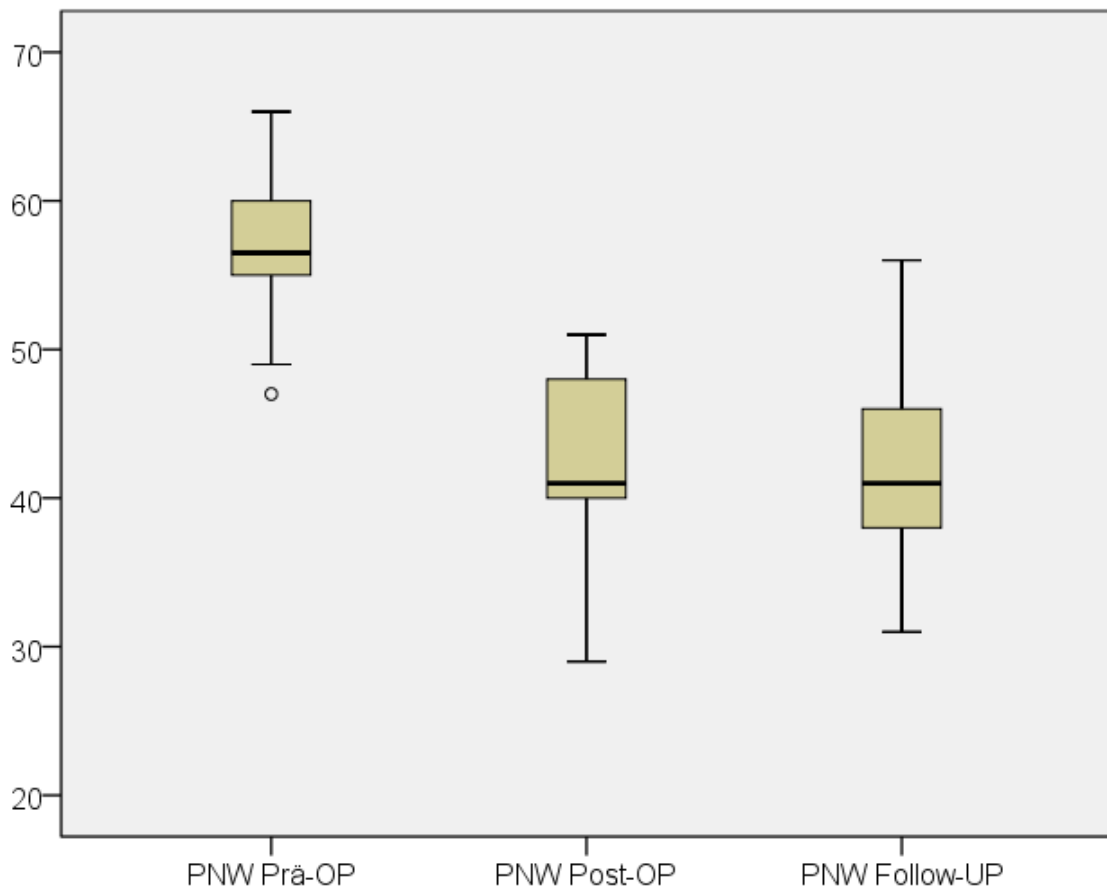


Abb. IV-5 Pfannenneigungswinkel: Boxplotgrafik

Angaben in Winkelgrad; obere Boxgrenze: 75%-Quartil; untere Boxgrenze: 25%-Quartil; Abstand zwischen oberer und unterer Boxgrenze: Interquartilsabstand (IQR); Strich innerhalb Box: Median, oberer Whisker: höchster Wert innerhalb des Bereichs von $1,5 \times \text{IQR}$ (gemessen ab 75%-Quartil); unterer Whisker: niedrigster Wert innerhalb des Bereichs von $1,5 \times \text{IQR}$ (gemessen ab 25%-Quartil); Werte außerhalb der Whisker: Ausreißer (Kreis: Wert $< 25\text{-Quartil} - \text{IQR} \times 1,5$ oder Wert $> 75\text{-Quartil} + \text{IQR} \times 1,5$; Sternchen: Wert $< 25\text{-Quartil} - \text{IQR} \times 3,0$ oder Wert $> 75\text{-Quartil} + \text{IQR} \times 3,0$)

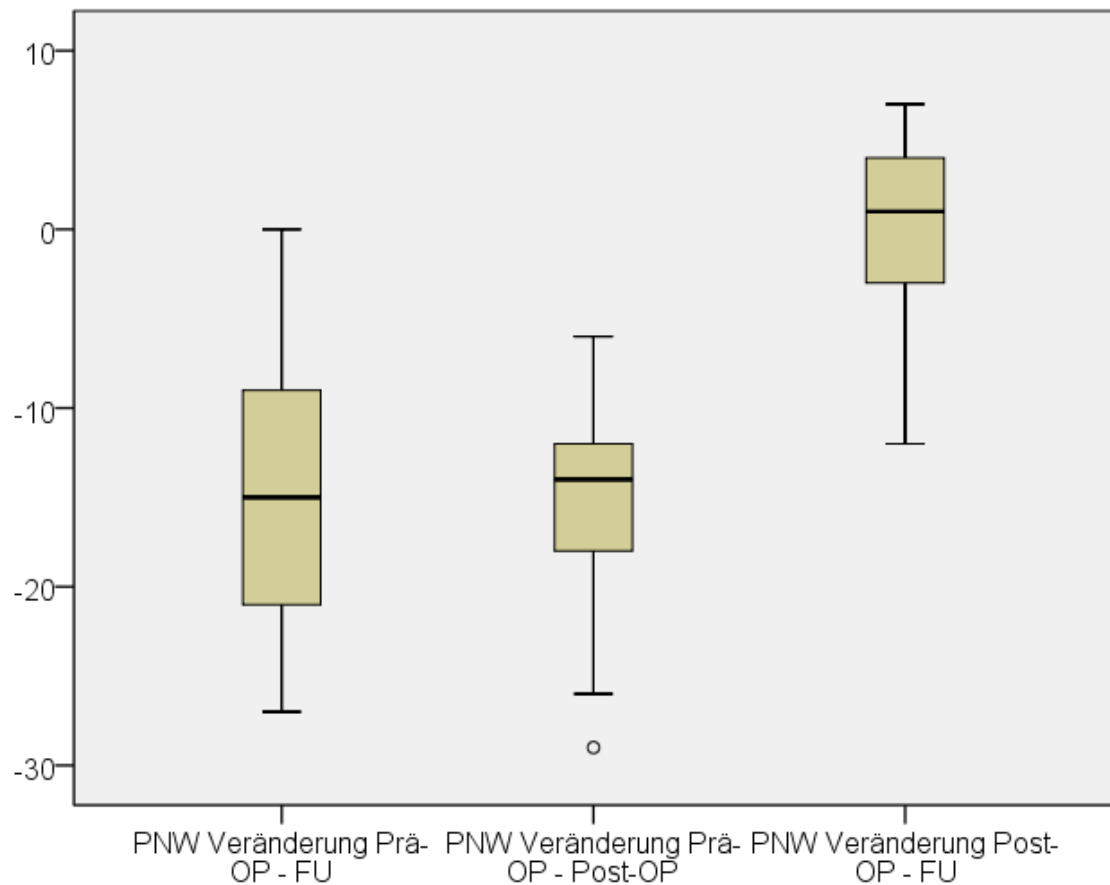


Abb. IV-6 Veränderung des Pfannenneigungswinkels: Boxplotgrafik

Angaben in Winkelgrad; obere Boxgrenze: 75%-Quartil; untere Boxgrenze: 25%-Quartil; Abstand zwischen oberer und unterer Boxgrenze: Interquartilsabstand (IQR); Strich innerhalb Box: Median, oberer Whisker: höchster Wert innerhalb des Bereichs von $1,5 \times \text{IQR}$ (gemessen ab 75%-Quartil); unterer Whisker: niedrigster Wert innerhalb des Bereichs von $1,5 \times \text{IQR}$ (gemessen ab 25%-Quartil); Werte außerhalb der Whisker: Ausreißer (Kreis: Wert $< 25\text{-Quartil} - \text{IQR} \times 1,5$ oder Wert $> 75\text{-Quartil} + \text{IQR} \times 1,5$; Sternchen: Wert $< 25\text{-Quartil} - \text{IQR} \times 3,0$ oder Wert $> 75\text{-Quartil} + \text{IQR} \times 3,0$)

IV.2.4.2.2 Vergleich der Messergebnisse zwischen Untersuchungszeitpunkten

Tab. IV-76 Pfannenneigungswinkel: Vergleich der Prä-OP, Post-OP und Follow-Up-Messwerte

Wilcoxon = Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben; Friedman = Friedmans Zweifach-Rangvarianzanalyse verbundener Stichproben; Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Variablen	Stat. Test	Sig.	Niv.
PNW Prä-OP / Follow-Up	Wilcoxon	0,000	0,05
PNW Prä-OP / Post-OP	Wilcoxon	0,000	0,05
PNW Post-OP / Follow-Up	Wilcoxon	0,754	0,05
PNW Prä-OP / Post-OP / Follow-Up	Friedman	0,000	0,05

IV.2.4.2.3 Vergleich der Messergebnisse zwischen Patientengruppen

Tab. IV-77 Pfannenneigungswinkel und Veränderung Pfannenneigungswinkel zwischen Messzeitpunkten: Vergleich OP Alter <3 Jahre / >3 Jahre

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
OP-Alter < / > 3 J	Prä-OP		0,228	0,05
	Post-OP	Mann-	0,808	0,05
	Follow-Up	Whitney-U-	0,771	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Test	0,346	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,169	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,602	0,05

Tab. IV-78 Mittelwert Pfannenneigungswinkel: Vergleich OP Alter <3 Jahre / >3 Jahre

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

OP-Alter < / > 3 Jahre		PNW Prä-OP	PNW Post-OP	PNW Follow-UP
< 3 Jahre	Mittelwert	58,90	41,56	41,90
	Anzahl	10	9	10
> 3 Jahre	Mittelwert	55,75	42,42	41,83
	Anzahl	12	12	12
Gesamtsumme	Mittelwert	57,18	42,05	41,86
	Anzahl	22	21	22

Tab. IV-79 Mittelwert Veränderung Pfannenneigungswinkel: Vergleich OP Alter <3 Jahre / >3 Jahre

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

OP-Alter < / > 3 Jahre		PNW Veränderung Prä-OP - Follow-Up	PNW Veränderung Prä-OP - Post-OP	PNW Veränderung Post-OP - Follow-Up
< 3 Jahre	Mittelwert	-17,00	-17,78	1,00
	Anzahl	10	9	9
> 3 Jahre	Mittelwert	-13,92	-13,33	-0,58
	Anzahl	12	12	12
Gesamtsumme	Mittelwert	-15,32	-15,24	0,10
	Anzahl	22	21	21

Tab. IV-80 Pfannenneigungswinkel und Veränderung Pfannenneigungswinkel zwischen Messzeitpunkten: Vergleich OP Alter <6 Jahre / >6 Jahre

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
OP-Alter	Prä-OP	Mann-Whitney-U-Test	0,083	0,05
	Post-OP		0,154	0,05
	Follow-Up		0,802	0,05
< / > 6 J	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Test	0,367	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,791	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,340	0,05

Tab. IV-81 Mittelwert Pfannenneigungswinkel: Vergleich OP Alter <6 Jahre / >6 Jahre

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

OP-Alter < / > 6 Jahre		PNW Prä-OP	PNW Post-OP	PNW Follow-UP
< 6 Jahre	Mittelwert	58,31	43,27	42,25
	Anzahl	16	15	16
> 6 Jahre	Mittelwert	54,17	39,00	40,83
	Anzahl	6	6	6
Gesamtsumme	Mittelwert	57,18	42,05	41,86
	Anzahl	22	21	22

Tab. IV-82 Mittelwert Veränderung Pfannenneigungswinkel: Vergleich OP Alter <6 Jahre / >6 Jahre

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

OP-Alter < / > 6 Jahre		PNW Veränderung Prä-OP - Follow-Up	PNW Veränderung Prä-OP - Post-OP	PNW Veränderung Post-OP - Follow-Up
< 6 Jahre	Mittelwert	-16,06	-15,27	-0,60
	Anzahl	16	15	15
> 6 Jahre	Mittelwert	-13,33	-15,17	1,83
	Anzahl	6	6	6
Gesamtsumme	Mittelwert	-15,32	-15,24	0,10
	Anzahl	22	21	21

Tab. IV-83 Pfannenneigungswinkel und Veränderung Pfannenneigungswinkel zwischen Messzeitpunkten: Vergleich männlich / weiblich

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
männlich / weiblich	Prä-OP		0,009	0,05
	Post-OP	Mann-	0,125	0,05
	Follow-Up	Whitney-U-	0,929	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Test	0,069	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,962	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,035	0,05

Tab. IV-84 Mittelwert Pfannenneigungswinkel: Vergleich männlich / weiblich

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Geschlecht		PNW Prä-OP	PNW Post-OP	PNW Follow-UP
m	Mittelwert	50,33	35,67	41,33
	Anzahl	3	3	3
w	Mittelwert	58,26	43,11	41,95
	Anzahl	19	18	19
Gesamtsumme	Mittelwert	57,18	42,05	41,86
	Anzahl	22	21	22

Tab. IV-85 Mittelwert Veränderung Pfannenneigungswinkel: Vergleich männlich / weiblich

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Geschlecht		PNW Veränderung Prä-OP - Follow-Up	PNW Veränderung Prä-OP - Post-OP	PNW Veränderung Post-OP - Follow-Up
m	Mittelwert	-9,00	-14,67	5,67
	Anzahl	3	3	3
w	Mittelwert	-16,32	-15,33	-0,83
	Anzahl	19	18	18
Gesamtsumme	Mittelwert	-15,32	-15,24	0,10
	Anzahl	22	21	21

Tab. IV-86 Pfannenneigungswinkel und Veränderung Pfannenneigungswinkel zwischen Messzeitpunkten: Vergleich unilateral / bilateral

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
unilateral / bilateral	Prä-OP	Mann-Whitney-U-Test	0,794	0,05
	Post-OP		0,697	0,05
	Follow-Up		0,431	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up		0,744	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,595	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,547	0,05

Tab. IV-87 Mittelwert Pfannenneigungswinkel: Vergleich unilateral / bilateral

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Bilateral		PNW Prä-OP	PNW Post-OP	PNW Follow-UP
unilateral	Mittelwert	57,00	42,38	40,67
	Anzahl	9	8	9
bilateral	Mittelwert	57,31	41,85	42,69
	Anzahl	13	13	13
Gesamtsumme	Mittelwert	57,18	42,05	41,86
	Anzahl	22	21	22

Tab. IV-88 Mittelwert Veränderung Pfannenneigungswinkel: Vergleich unilateral / bilateral

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Bilateral		PNW Veränderung Prä-OP - Follow-Up	PNW Veränderung Prä-OP - Post-OP	PNW Veränderung Post-OP - Follow-Up
unilateral	Mittelwert	-16,33	-14,87	-1,13
	Anzahl	9	8	8
bilateral	Mittelwert	-14,62	-15,46	0,85
	Anzahl	13	13	13
Gesamtsumme	Mittelwert	-15,32	-15,24	0,10
	Anzahl	22	21	21

Tab. IV-89 Pfannenneigungswinkel und Veränderung Pfannenneigungswinkel zwischen Messzeitpunkten: Vergleich links / rechts

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
links / rechts	Prä-OP	Mann-Whitney-U-Test	0,896	0,05
	Post-OP		0,862	0,05
	Follow-Up		0,186	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up		0,324	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,808	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,277	0,05

Tab. IV-90 Mittelwert Pfannenneigungswinkel: Vergleich links / rechts

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Körperseite		PNW Prä-OP	PNW Post-OP	PNW Follow-UP
L	Mittelwert	57,15	41,75	40,38
	Anzahl	13	12	13
R	Mittelwert	57,22	42,44	44,00
	Anzahl	9	9	9
Gesamtsumme	Mittelwert	57,18	42,05	41,86
	Anzahl	22	21	22

Tab. IV-91 Mittelwert Veränderung Pfannenneigungswinkel: Vergleich links / rechts

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Körperseite		PNW Veränderung Prä-OP - Follow-Up	PNW Veränderung Prä-OP - Post-OP	PNW Veränderung Post-OP - Follow-Up
L	Mittelwert	-16,77	-15,58	-1,00
	Anzahl	13	12	12
R	Mittelwert	-13,22	-14,78	1,56
	Anzahl	9	9	9
Gesamtsumme	Mittelwert	-15,32	-15,24	0,10
	Anzahl	22	21	21

Tab. IV-92 Pfannenneigungswinkel und Veränderung Pfannenneigungswinkel: Vergleich Tönnis Grad 2 / Tönnis Grad 3

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
Tönnis 2 /	Prä-OP	Mann-Whitney-U-Test	0,662	0,05
	Post-OP		0,354	0,05
	Follow-Up		0,950	0,05
Tönnis 3	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Test	0,345	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,724	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,171	0,05

**Tab. IV-93 Pfannenneigungswinkel und Veränderung Pfannenneigungswinkel:
Vergleich Tönnis Grad 2 / Tönnis Grad 4**

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
Tönnis 2 /	Prä-OP	Mann- Whitney-U- Test	0,038	0,05
	Post-OP		0,050	0,05
	Follow-Up		0,878	0,05
Tönnis 4	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Test	0,195	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,505	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,028	0,05

**Tab. IV-94 Pfannenneigungswinkel und Veränderung Pfannenneigungswinkel:
Vergleich Tönnis Grad 3 / Tönnis Grad 4**

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
Tönnis 3 /	Prä-OP	Mann- Whitney-U- Test	0,059	0,05
	Post-OP		0,284	0,05
	Follow-Up		0,852	0,05
Tönnis 4	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Test	0,282	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		1,000	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,524	0,05

Tab. IV-95 Mittelwert Pfannenneigungswinkel: Vergleich Tönnis Grad 2-4

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Luxationsgrad nach Tönnis		PNW Prä-OP	PNW Post-OP	PNW Follow-UP
Tönnis Grad 2	Mittelwert	54,50	38,00	41,50
	Anzahl	8	8	8
Tönnis Grad 3	Mittelwert	56,67	42,80	41,17
	Anzahl	6	5	6
Tönnis Grad 4	Mittelwert	60,25	45,63	42,75
	Anzahl	8	8	8
Gesamtsumme	Mittelwert	57,18	42,05	41,86
	Anzahl	22	21	22

Tab. IV-96 Mittelwert Veränderung Pfannenneigungswinkel: Vergleich Tönnis Grad 2-4

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Luxationsgrad nach Tönnis		PNW Veränderung Prä-OP - Follow-Up	PNW Veränderung Prä-OP - Post-OP	PNW Veränderung Post-OP - Follow-Up
Tönnis Grad 2	Mittelwert	-13,00	-16,50	3,50
	Anzahl	8	8	8
Tönnis Grad 3	Mittelwert	-15,50	-14,20	-0,60
	Anzahl	6	5	5
Tönnis Grad 4	Mittelwert	-17,50	-14,63	-2,88
	Anzahl	8	8	8
Gesamtsumme	Mittelwert	-15,32	-15,24	0,10
	Anzahl	22	21	21

IV.2.5 ACM-Winkel

IV.2.5.1 Messergebnisse

Tab. IV-97 ACM-Winkel: Einzelwerte zu den drei Messzeitpunkten Prä-OP, Post-OP und Follow-Up in Winkelgrad mit Normalwerten und Gradeinteilung

Nr. = Fallnummer; G = Geschlecht (w = weiblich, m = männlich); Tönnis = Grad der Hüftluxation nach Tönnis präoperativ; KS = Körperseite (L = links; R = rechts); A-OP = OP-Alter in Jahren; A-FU = Follow-Up-Alter in Jahren; FU = Follow-Up-Zeit in Monaten; N: Altersentsprechende Normwerte; Grad = Gradeinteilung (Normwerte und Gradeinteilung nach dem Klassifizierungssystem des Arbeitskreises für Hüftdysplasie der DGOT¹⁴; - = Winkel nicht messbar/kein altersentsprechender Normwert vorhanden)

Nr.	G	KS	A- OP	A-FU	FU	Prä- OP	N	G	Post- OP	N	G	Follow- Up	N	G
1	w	L	1,3	2,3	12	68	-	-	64	-	-	58	<50	3
2	w	L	1,5	2,7	14	67	-	-	68	-	-	71	<50	4
3	m	R	1,6	2,5	10	68	-	-	65	-	-	64	<50	4
4	w	R	1,9	2,6	9	71	-	-	63	-	-	57	<50	3
5a	w	L	1,9	2,7	10	66	-	-	67	-	-	60	<50	4
5b	w	R	1,9	2,7	9	67	-	-	70	-	-	60	<50	4
6	w	L	2,1	4,1	25	69	<50	4	66	<50	4	54	<50	2
7	w	L	2,2	3,3	13	67	<50	4	-	<50	-	55	<50	3
8a	w	R	2,5	3,7	14	64	<50	4	64	<50	4	62	<50	4
8b	w	L	2,6	3,7	13	65	<50	4	73	<50	4	64	<50	4
9	w	L	3,3	4,7	17	64	<50	4	70	<50	4	50	<50	2
10	w	L	4,1	5,7	19	70	<50	4	64	<50	4	60	<50	4
11a	w	R	4,9	5,9	12	69	<50	4	59	<50	3	62	<50	4
11b	w	L	5,0	5,9	11	65	<50	4	58	<50	3	59	<50	3
12a	w	L	5,3	6,2	10	68	<50	4	65	<50	4	63	<50	4
12b	w	R	5,4	6,2	9	68	<50	4	64	<50	4	62	<50	4
13a	w	R	6,0	7,4	16	68	<50	4	61	<50	4	60	<50	4
13b	w	L	6,3	7,4	13	63	<50	4	61	<50	4	61	<50	4
14	w	L	9,3	15,1	70	79	<50	4	68	<50	4	63	<50	4
15	w	R	10,4	11,9	18	65	<50	4	70	<50	4	67	<50	4
16a	m	L	12,8	16,0	38	61	<50	4	56	<50	3	57	<50	3
16b	m	R	13,2	16,0	33	63	<50	4	59	<50	3	52	<50	2

IV.2.5.2 Statistische Auswertung

IV.2.5.2.1 Allgemeine Statistiken

Tab. IV-98 ACM-Winkel: Verteilung der Grade 1 bis 4 zu den drei Messzeitpunkten

abs. = absolute Anzahl; rel. = relative Anzahl; Gradeinteilung nach dem Klassifizierungssystem des Arbeitskreises für Hüftdysplasie der DGOT¹⁴; nicht gewertete Fälle: Winkel nicht messbar/kein altersentsprechender Normwert vorhanden

	Prä-OP		Post-OP		Follow-UP	
	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.
Grad 1	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Grad 2	0	0,0%	0	0,0%	3	13,6%
Grad 3	0	0,0%	4	18,2%	5	22,7%
Grad 4	16	72,7%	11	50,0%	14	63,6%
Nicht gewertet	6	27,3%	7	31,8%	0	0,0%
Insgesamt	22	100,0%	22	100,0%	22	100,0%

Tab. IV-99 ACM-Winkel: Basisstatistik der Messwerte

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Fallzahl insgesamt; Gültige Anzahl: Anzahl der Messwerte

	ACM-Winkel Prä-OP	ACM-Winkel Post-OP	ACM-Winkel Follow-Up
Anzahl	22	22	22
Gültige Anzahl	22	21	22
Mittelwert	67,05	64,52	60,05
Standardabweichung	3,66	4,47	4,79
Minimum	61	56	50
Maximum	79	73	71
Perzentil 25	65,00	61,00	57,00
Perzentil 75	68,00	68,00	63,00

Tab. IV-100 Veränderung des ACM-Winkels zwischen Messzeitpunkten: Basisstatistik

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Fallzahl insgesamt; Gültige Anzahl: Anzahl der Messwerte

	ACM-Winkel Veränderung Prä-OP – Follow-Up	ACM-Winkel Veränderung Prä-OP - Post- OP	ACM-Winkel Veränderung Post-OP - Follow-Up
Anzahl	22	22	22
Gültige Anzahl	22	21	21
Mittelwert	-7,00	-2,52	-4,24
Standardabweichung	5,42	5,12	5,49
Minimum	-16	-11	-20
Maximum	4	8	3
Perzentil 25	-11,00	-6,00	-7,00
Perzentil 75	-4,00	1,00	-1,00

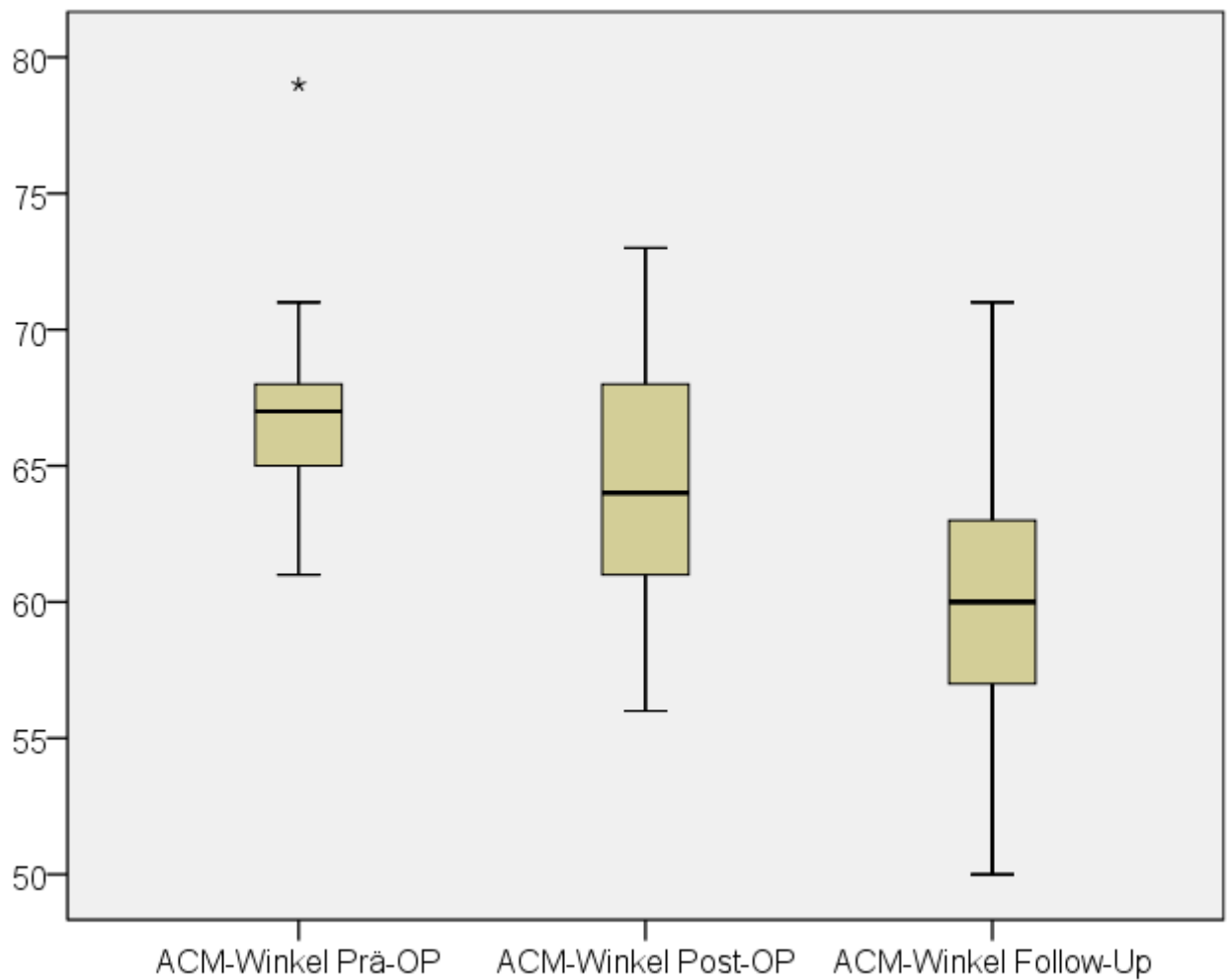


Abb. IV-7 ACM-Winkel: Boxplotgrafik

Angaben in Winkelgrad; obere Boxgrenze: 75%-Quartil; untere Boxgrenze: 25%-Quartil; Abstand zwischen oberer und unterer Boxgrenze: Interquartilsabstand (IQR); Strich innerhalb Box: Median, oberer Whisker: höchster Wert innerhalb des Bereichs von $1,5 \times \text{IQR}$ (gemessen ab 75%-Quartil); unterer Whisker: niedrigster Wert innerhalb des Bereichs von $1,5 \times \text{IQR}$ (gemessen ab 25%-Quartil); Werte außerhalb der Whisker: Ausreißer (Kreis: Wert $< 25\text{-Quartil} - \text{IQR} \times 1,5$ oder Wert $> 75\text{-Quartil} + \text{IQR} \times 1,5$; Sternchen: Wert $< 25\text{-Quartil} - \text{IQR} \times 3,0$ oder Wert $> 75\text{-Quartil} + \text{IQR} \times 3,0$)

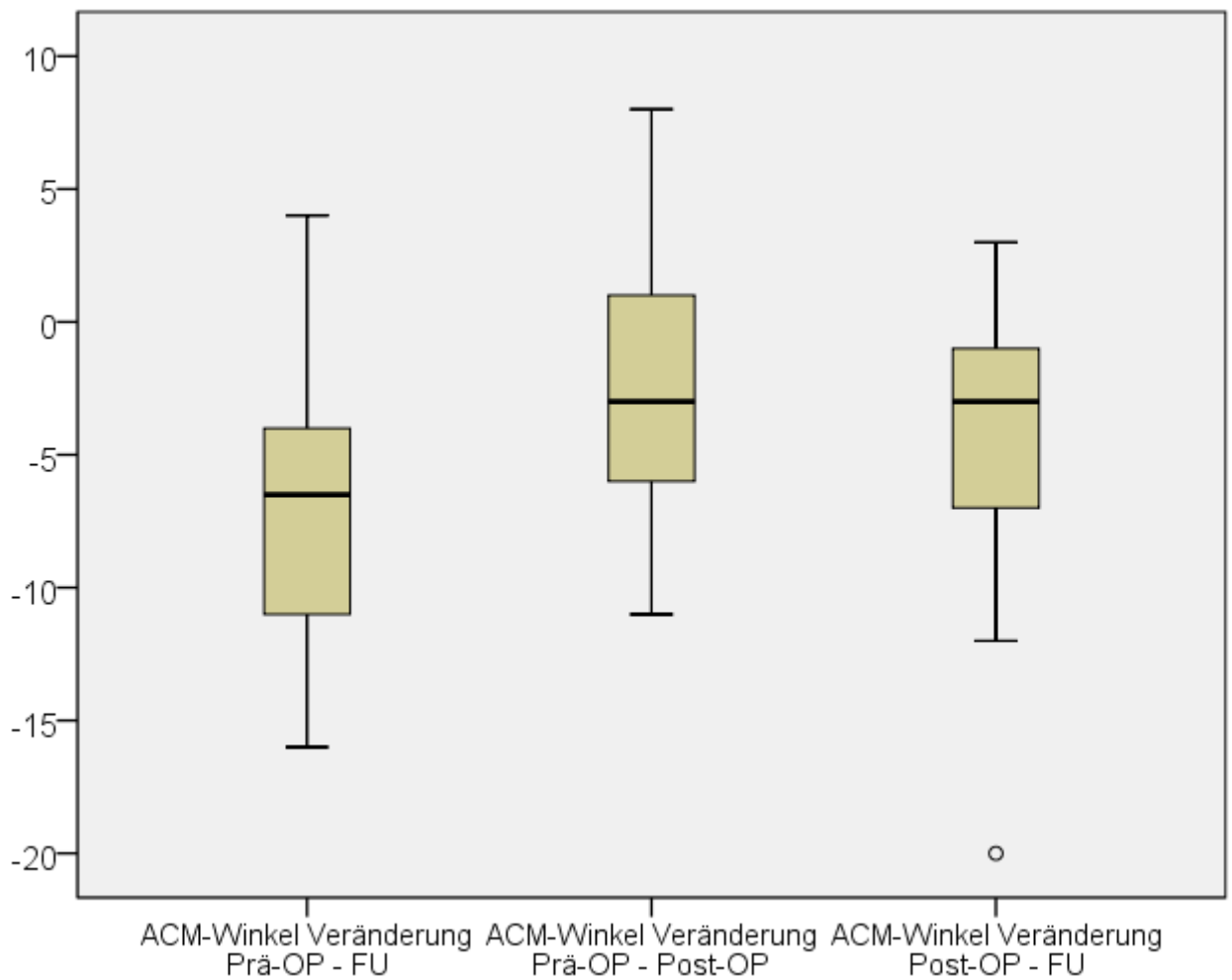


Abb. IV-8 Veränderung des ACM-Winkels: Boxplotgrafik

Angaben in Winkelgrad; obere Boxgrenze: 75%-Quartil; untere Boxgrenze: 25%-Quartil; Abstand zwischen oberer und unterer Boxgrenze: Interquartilsabstand (IQR); Strich innerhalb Box: Median, oberer Whisker: höchster Wert innerhalb des Bereichs von $1,5 \times \text{IQR}$ (gemessen ab 75%-Quartil); unterer Whisker: niedrigster Wert innerhalb des Bereichs von $1,5 \times \text{IQR}$ (gemessen ab 25%-Quartil); Werte außerhalb der Whisker: Ausreißer (Kreis: Wert $< 25\text{-Quartil} - \text{IQR} \times 1,5$ oder Wert $> 75\text{-Quartil} + \text{IQR} \times 1,5$; Sternchen: Wert $< 25\text{-Quartil} - \text{IQR} \times 3,0$ oder Wert $> 75\text{-Quartil} + \text{IQR} \times 3,0$)

IV.2.5.2.2 Vergleich der Messergebnisse zwischen Untersuchungszeitpunkten

Tab. IV-101 ACM-Winkel: Vergleich der präoperativen, postoperativen und Follow-Up-Messwerte

Wilcoxon = Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben; Friedman = Friedmans Zweifach-Rangvarianzanalyse verbundener Stichproben; Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Variablen	Stat. Test	Sig.	Niv.
ACM Prä-OP / Follow-Up	Wilcoxon	0,000	0,05
ACM Prä-OP / Post-OP	Wilcoxon	0,043	0,05
ACM Post-OP / Follow-Up	Wilcoxon	0,002	0,05
ACM Prä-OP / Post-OP / Follow-Up	Friedman	0,000	0,05

IV.2.5.2.3 Vergleich der Messergebnisse zwischen Patientengruppen

Tab. IV-102 ACM-Winkel und Veränderung ACM-Winkel zwischen Messzeitpunkten: Vergleich OP Alter <3 Jahre / >3 Jahre

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
OP-Alter < / > 3 J	Prä-OP	Mann-Whitney-U-Test	0,628	0,05
	Post-OP		0,082	0,05
	Follow-Up		0,923	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up		0,821	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,095	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,148	0,05

Tab. IV-103 Mittelwert ACM-Winkel: Vergleich OP Alter <3 Jahre / >3 Jahre

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

OP-Alter < / > 3 Jahre		ACM-Winkel Prä-OP	ACM-Winkel Post-OP	ACM-Winkel Follow-Up
< 3 Jahre	Mittelwert	67,20	66,67	60,50
	Anzahl	10	9	10
> 3 Jahre	Mittelwert	66,92	62,92	59,67
	Anzahl	12	12	12
Gesamtsumme	Mittelwert	67,05	64,52	60,05
	Anzahl	22	21	22

Tab. IV-104 Mittelwert Veränderung ACM-Winkel: Vergleich OP Alter <3 Jahre / >3 Jahre

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

OP-Alter < / > 3 Jahre		ACM-Winkel	ACM-Winkel	ACM-Winkel
		Veränderung	Veränderung	Veränderung
		Prä-OP - Follow-Up	Prä-OP - Post- OP	Post-OP - Follow-Up
< 3 Jahre	Mittelwert	-6,70	-0,56	-5,56
	Anzahl	10	9	9
> 3 Jahre	Mittelwert	-7,25	-4,00	-3,25
	Anzahl	12	12	12
Gesamtsumme	Mittelwert	-7,00	-2,52	-4,24
	Anzahl	22	21	21

Tab. IV-105 ACM-Winkel und Veränderung ACM-Winkel zwischen Messzeitpunkten: Vergleich OP Alter <6 Jahre / >6 Jahre

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
OP-Alter	Prä-OP	Mann- Whitney-U- Test	0,178	0,05
	Post-OP		0,267	0,05
	Follow-Up		1,000	0,05
< / > 6 J	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Test	0,858	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,381	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,424	0,05

Tab. IV-106 Mittelwert ACM-Winkel: Vergleich OP Alter <6 Jahre / >6 Jahre
Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

OP-Alter < / > 6 Jahre		ACM-Winkel Prä-OP	ACM-Winkel Post-OP	ACM-Winkel Follow-Up
< 6 Jahre	Mittelwert	67,25	65,33	60,06
	Anzahl	16	15	16
> 6 Jahre	Mittelwert	66,50	62,50	60,00
	Anzahl	6	6	6
Gesamtsumme	Mittelwert	67,05	64,52	60,05
	Anzahl	22	21	22

Tab. IV-107 Mittelwert Veränderung ACM-Winkel: Vergleich OP Alter <6 Jahre / >6 Jahre

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

OP-Alter < / > 6 Jahre		ACM-Winkel Veränderung Prä-OP - Follow-Up	ACM-Winkel Veränderung Prä-OP - Post- OP	ACM-Winkel Veränderung Post-OP - Follow-Up
< 6 Jahre	Mittelwert	-7,19	-1,93	-4,93
	Anzahl	16	15	15
> 6 Jahre	Mittelwert	-6,50	-4,00	-2,50
	Anzahl	6	6	6
Gesamtsumme	Mittelwert	-7,00	-2,52	-4,24
	Anzahl	22	21	21

Tab. IV-108 ACM-Winkel und Veränderung ACM-Winkel zwischen Messzeitpunkten: Vergleich männlich / weiblich

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
männlich / weiblich	Prä-OP	Mann-Whitney-U-Test	0,132	0,05
	Post-OP		0,125	0,05
	Follow-Up		0,523	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up		0,718	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,669	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,534	0,05

Tab. IV-109 Mittelwert ACM-Winkel: Vergleich männlich / weiblich

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Geschlecht		ACM-Winkel	ACM-Winkel	ACM-Winkel
		Prä-OP	Post-OP	Follow-Up
m	Mittelwert	64,00	60,00	57,67
	Anzahl	3	3	3
w	Mittelwert	67,53	65,28	60,42
	Anzahl	19	18	19
Gesamtsumme	Mittelwert	67,05	64,52	60,05
	Anzahl	22	21	22

Tab. IV-110 Mittelwert Veränderung ACM-Winkel: Vergleich männlich / weiblich
Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

		ACM-Winkel Veränderung Prä-OP - Follow-Up	ACM-Winkel Veränderung Prä-OP - Post- OP	ACM-Winkel Veränderung Post-OP - Follow-Up
Geschlecht				
m	Mittelwert	-6,33	-4,00	-2,33
	Anzahl	3	3	3
w	Mittelwert	-7,11	-2,28	-4,56
	Anzahl	19	18	18
Gesamtsumme	Mittelwert	-7,00	-2,52	-4,24
	Anzahl	22	21	21

Tab. IV-111 ACM-Winkel und Veränderung ACM-Winkel zwischen Messzeitpunkten: Vergleich unilateral / bilateral

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
unilateral / bilateral	Prä-OP		0,021	0,05
	Post-OP	Mann- Whitney-U- Test	0,238	0,05
	Follow-Up		0,393	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up		0,017	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,547	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,301	0,05

Tab. IV-112 Mittelwert ACM-Winkel: Vergleich unilateral / bilateral

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Bilateral		ACM-Winkel	ACM-Winkel	ACM-Winkel
		Prä-OP	Post-OP	Follow-Up
unilateral	Mittelwert	69,22	66,00	59,11
	Anzahl	9	8	9
bilateral	Mittelwert	65,54	63,62	60,69
	Anzahl	13	13	13
Gesamtsumme	Mittelwert	67,05	64,52	60,05
	Anzahl	22	21	22

Tab. IV-113 Mittelwert Veränderung ACM-Winkel: Vergleich unilateral / bilateral

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Bilateral		ACM-Winkel	ACM-Winkel	ACM-Winkel
		Veränderung	Veränderung	Veränderung
		Prä-OP - Follow-Up	Prä-OP - Post- OP	Post-OP - Follow-Up
unilateral	Mittelwert	-10,11	-3,50	-6,38
	Anzahl	9	8	8
bilateral	Mittelwert	-4,85	-1,92	-2,92
	Anzahl	13	13	13
Gesamtsumme	Mittelwert	-7,00	-2,52	-4,24
	Anzahl	22	21	21

Tab. IV-114 ACM-Winkel und Veränderung ACM-Winkel zwischen Messzeitpunkten: Vergleich links / rechts

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
links / rechts	Prä-OP	Mann-Whitney-U-Test	0,695	0,05
	Post-OP		0,508	0,05
	Follow-Up		0,512	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up		0,744	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,602	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,702	0,05

Tab. IV-115 Mittelwert ACM-Winkel: Vergleich links / rechts

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Körperseite		ACM-Winkel	ACM-Winkel	ACM-Winkel
		Prä-OP	Post-OP	Follow-Up
L	Mittelwert	67,08	65,00	59,62
	Anzahl	13	12	13
R	Mittelwert	67,00	63,89	60,67
	Anzahl	9	9	9
Gesamtsumme	Mittelwert	67,05	64,52	60,05
	Anzahl	22	21	22

Tab. IV-116 Mittelwert Veränderung ACM-Winkel: Vergleich links / rechts
Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

		ACM-Winkel Veränderung Prä-OP - Follow-Up	ACM-Winkel Veränderung Prä-OP - Post- OP	ACM-Winkel Veränderung Post-OP - Follow-Up
Körperseite				
L	Mittelwert	-7,46	-2,08	-5,00
	Anzahl	13	12	12
R	Mittelwert	-6,33	-3,11	-3,22
	Anzahl	9	9	9
Gesamtsumme	Mittelwert	-7,00	-2,52	-4,24
	Anzahl	22	21	21

Tab. IV-117 ACM-Winkel und Veränderung ACM-Winkel zwischen Messzeitpunkten: Vergleich Tönnis 2 / Tönnis 3

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
Tönnis 2 / Tönnis 3	Prä-OP	Mann- Whitney-U- Test	0,755	0,05
	Post-OP		0,724	0,05
	Follow-Up		0,345	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up		0,950	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,622	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,354	0,05

Tab. IV-118 ACM-Winkel und Veränderung ACM-Winkel zwischen Messzeitpunkten: Vergleich Tönnis 2 / Tönnis 4

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
Tönnis 2 / Tönnis 4	Prä-OP	Mann-Whitney-U-Test	0,721	0,05
	Post-OP		0,574	0,05
	Follow-Up		0,382	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Test	0,574	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,505	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,959	0,05

Tab. IV-119 ACM-Winkel und Veränderung ACM-Winkel zwischen Messzeitpunkten: Vergleich Tönnis 3 / Tönnis 4

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
Tönnis 3 / Tönnis 4	Prä-OP	Mann-Whitney-U-Test	0,491	0,05
	Post-OP		0,833	0,05
	Follow-Up		1,000	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Test	0,414	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,354	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,943	0,05

Tab. IV-120 Mittelwert Pfannenneigungswinkel: Vergleich Tönnis Grad 2-4

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Luxationsgrad nach Tönnis		ACM-Winkel Prä-OP	ACM-Winkel Post-OP	ACM-Winkel Follow-Up
Tönnis Grad 2	Mittelwert	66,63	63,50	59,13
	Anzahl	8	8	8
Tönnis Grad 3	Mittelwert	68,67	64,80	61,00
	Anzahl	6	5	6
Tönnis Grad 4	Mittelwert	66,25	65,38	60,25
	Anzahl	8	8	8
Gesamtsumme	Mittelwert	67,05	64,52	60,05
	Anzahl	22	21	22

Tab. IV-121 Mittelwert Änderung Pfannenneigungswinkel: Vergleich Tönnis Grad 2-4

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Luxationsgrad nach Tönnis		ACM-Winkel Veränderung Prä-OP - Follow-Up	ACM-Winkel Veränderung Prä-OP - Post- OP	ACM-Winkel Veränderung Post-OP - Follow-Up
Tönnis Grad 2	Mittelwert	-7,50	-3,13	-4,38
	Anzahl	8	8	8
Tönnis Grad 3	Mittelwert	-7,67	-4,20	-2,60
	Anzahl	6	5	5
Tönnis Grad 4	Mittelwert	-6,00	-0,88	-5,13
	Anzahl	8	8	8
Gesamtsumme	Mittelwert	-7,00	-2,52	-4,24
	Anzahl	22	21	21

IV.2.6 Instabilitätsindex nach Reimers

IV.2.6.1 Messergebnisse

Tab. IV-122 Instabilitätsindex nach Reimers (RMI): Einzelwerte zu den drei Messzeitpunkten Prä-OP, Post-OP und Follow-Up in Prozent mit Normalwerten und Gradeinteilung

Nr. = Fallnummer; G = Geschlecht (w = weiblich, m = männlich); Tönnis = Grad der Hüftluxation nach Tönnis präoperativ; KS = Körperseite (L = links; R = rechts); A-OP = OP-Alter in Jahren; A-FU = Follow-Up-Alter in Jahren; FU = Follow-Up-Zeit in Monaten; N = altersentsprechender Normalwert nach Reimers¹¹⁷; G = Gradeinteilung nach Reimers¹¹⁷ (Normal (N): im Alter bis 4 Jahren 0%, im Alter von 4-16 Jahren bis 10%; Subluxation (S): 33%-99%; Luxation (L): 100%; X: Bereich zwischen Normal und Subluxation)

Nr.	G	KS	A- OP	A-FU	FU	Prä-OP	N	G	Post- OP	N	G	FU	N	G
1	w	L	1,3	2,3	12	54	0	S	0	0	N	0	0	N
2	w	L	1,5	2,7	14	97	0	S	0	0	N	0	0	N
3	m	R	1,6	2,5	10	64	0	S	0	0	N	0	0	N
4	w	R	1,9	2,6	9	73	0	S	0	0	N	0	0	N
5a	w	L	1,9	2,7	10	86	0	S	0	0	N	29	0	X
5b	w	R	1,9	2,7	9	100	0	L	0	0	N	0	0	N
6	w	L	2,1	4,1	25	88	0	S	0	0	N	0	<11	N
7	w	L	2,2	3,3	13	72	0	S	0	0	N	0	0	N
8a	w	R	2,5	3,7	14	100	0	L	0	0	N	0	0	N
8b	w	L	2,6	3,7	13	100	0	L	0	0	N	9	0	X
9	w	L	3,3	4,7	17	100	0	L	68	0	S	0	<11	N
10	w	L	4,1	5,7	19	61	<11	S	0	<11	N	0	<11	N
11a	w	R	4,9	5,9	12	86	<11	S	0	<11	N	0	<11	N
11b	w	L	5,0	5,9	11	81	<11	S	0	<11	N	0	<11	N
12a	w	L	5,3	6,2	10	96	<11	S	0	<11	N	0	<11	N
12b	w	R	5,4	6,2	9	78	<11	S	0	<11	N	18	<11	X
13a	w	R	6,0	7,4	16	52	<11	S	0	<11	N	0	<11	N
13b	w	L	6,3	7,4	13	47	<11	S	0	<11	N	0	<11	N
14	w	L	9,3	15,1	70	72	<11	S	9	<11	N	9	<11	N
15	w	R	10,4	11,9	18	32	<11	S	11	<11	X	18	<11	X
16a	m	L	12,8	16,0	38	52	<11	S	20	<11	X	38	<11	S
16b	m	R	13,2	16,0	33	49	<11	S	4	<11	N	28	<11	X

IV.2.6.2 Statistische Auswertung

IV.2.6.2.1 Allgemeine Statistiken

Tab. IV-123 Instabilitätsindex nach Reimers (RMI): Verteilung der Grade Normal/Subluxation/zwischen Normal und Subluxation/Luxation zu den drei Messzeitpunkten Prä-OP, Post-OP und Follow-Up

abs. = absolute Anzahl; rel. = relative Anzahl; Gradeinteilung nach Reimers¹¹⁷; nicht gewertete Fälle: Parameter nicht messbar/kein altersentsprechender Normwert vorhanden

	Prä-OP		Post-OP		Follow-Up	
	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.
Normal	0	0,0%	19	86,4%	16	72,7%
Zw. Normal und Subl.	0	0,0%	2	9,1%	5	22,7%
Subluxation	18	81,8%	1	4,5%	1	4,5%
Luxation	4	18,2%	0	0,0%	0	0,0%
Nicht gewertet	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Insgesamt	22	100,0%	22	100,0%	22	100,0%

Tab. IV-124 Instabilitätsindex nach Reimers (RMI): Basisstatistik der Messwerte
Angaben in Prozent; Anzahl: Fallzahl insgesamt; Gültige Anzahl: Anzahl der Messwerte

	RMI Prä-OP	RMI Post-OP	RMI Follow-Up
Anzahl	22	22	22
Gültige Anzahl	22	22	22
Mittelwert	74,53	5,09	6,70
Standardabweichung	20,65	14,90	11,54
Minimum	32	0	0
Maximum	100	68	38
Perzentil 25	54,29	0,00	0,00
Perzentil 75	95,83	0,00	9,10

IV.2.7 CCD-Winkel

IV.2.7.1 Messergebnisse

Tab. IV-125 CCD-Winkel: Einzelwerte zu den drei Messzeitpunkten Prä-OP, Post-OP und Follow-Up in Winkelgrad mit Normalwerten und Gradeinteilung

Nr. = Fallnummer; G = Geschlecht (w = weiblich, m = männlich); Tönnis = Grad der Hüftluxation nach Tönnis präoperativ; KS = Körperseite (L = links; R = rechts); A-OP = OP-Alter in Jahren; A-FU = Follow-Up-Alter in Jahren; FU = Follow-Up-Zeit in Monaten; N: Altersentsprechende Normwerte; Grad = Gradeinteilung (Normwerte und Gradeinteilung nach dem Klassifizierungssystem des Arbeitskreises für Hüftdysplasie der DGOT¹⁴; - = Winkel nicht messbar/kein altersentsprechender Normwert vorhanden)

Anm.: die Normwerte und Gradeinteilung beziehen sich auf den reellen CCD-Winkel. Es wurde lediglich der projizierte CCD-Winkel gemessen (Erläuterung siehe III.4.2.2.6)

Nr.	G	KS	A- OP	A- FU	FU	Prä- OP	N	G	Post- OP	N	G	Follow- Up	N	G
1	w	L	1,3	2,3	12	149	125-	1	103	125-	-4	109	125-	-3
2	w	L	1,5	2,7	14	174	125-	+4	123	125-	-2	119	125-	-2
3	m	R	1,6	2,5	10	138	125-	1	100	125-	-4	90	125-	-4
4	w	R	1,9	2,6	9	145	125-	1	91	125-	-4	91	125-	-4
5a	w	L	1,9	2,7	10	133	125-	1	108	125-	-3	103	125-	-4
5b	w	R	1,9	2,7	9	131	125-	1	90	125-	-4	99	125-	-4
6	w	L	2,1	4,1	25	137	125-	1	124	125-	-2	130	125-	1
7	w	L	2,2	3,3	13	138	125-	1	117	125-	-2	115	125-	-2
8a	w	R	2,5	3,7	14	132	125-	1	94	125-	-4	97	125-	-4
8b	w	L	2,6	3,7	13	129	125-	1	94	125-	-4	105	125-	-3
9	w	L	3,3	4,7	17	135	125-	1	115	125-	-2	114	125-	-3
10	w	L	4,1	5,7	19	140	125-	1	100	125-	-4	104	120-	-3
11a	w	R	4,9	5,9	12	127	125-	1	97	125-	-4	94	120-	-4
11b	w	L	5,0	5,9	11	131	120-	1	103	120-	-3	96	120-	-4
12a	w	L	5,3	6,2	10	133	120-	1	100	120-	-3	91	120-	-4
12b	w	R	5,4	6,2	9	130	120-	1	100	120-	-3	90	120-	-4
13a	w	R	6,0	7,4	16	142	120-	1	117	120-	-2	128	120-	1
13b	w	L	6,3	7,4	13	148	120-	+2	106	120-	-3	106	120-	-3
14	w	L	9,3	15,1	70	128	120-	1	90	120-	-4	109	120-	-3
15	w	R	10,4	11,9	18	133	120-	1	115	120-	-2	106	120-	-3
16a	m	L	12,8	16,0	38	150	120-	+3	141	120-	+2	137	120-	+2
16b	m	R	13,2	16,0	33	150	120-	+3	138	120-	1	144	120-	+3

IV.2.7.2 Statistische Auswertung

IV.2.7.2.1 Allgemeine Statistiken

Tab. IV-126 CCD-Winkel: Verteilung der Grade -4 bis +4 zu den drei Messzeitpunkten

abs. = absolute Anzahl; rel. = relative Anzahl; Gradeinteilung nach dem Klassifizierungssystem des Arbeitskreises für Hüftdysplasie der DGOT¹⁴; nicht gewertete Fälle: Winkel nicht messbar/kein altersentsprechender Normwert vorhanden

	Prä-OP		Post-OP		Follow-Up	
	abs.	rel.	abs.	rel.	abs.	rel.
Grad -4	0	0,0%	9	41,0%	9	40,9%
Grad -3	0	0,0%	5	22,7%	6	27,3%
Grad -2	0	0,0%	6	27,3%	3	13,6%
Grad 1	18	81,8%	1	4,5%	2	9,1%
Grad +2	1	4,5%	1	4,5%	1	4,5%
Grad +3	2	9,1%	0	0,0%	1	4,5%
Grad +4	1	4,5%	0	0,0%	0	0,0%
Nicht gewertet	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Insgesamt	22	100,0%	22	100,0%	22	100,0%

Tab. IV-127 CCD-Winkel: Basisstatistik der Messwerte

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Fallzahl insgesamt; Gültige Anzahl: Anzahl der Messwerte

	CCD-Winkel Prä-OP	CCD-Winkel Post-OP	CCD-Winkel Follow-Up
Anzahl	22	22	22
Gültige Anzahl	22	22	22
Mittelwert	138,77	107,55	108,05
Standardabweichung	10,79	14,61	15,51
Minimum	127	90	90
Maximum	174	141	144
Perzentil 25	131,00	97,00	96,00
Perzentil 75	145,00	117,00	115,00

Tab. IV-128 Veränderung des CCD-Winkels zwischen Messzeitpunkten: Basisstatistik

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Fallzahl insgesamt; Gültige Anzahl: Anzahl der Messwerte

	CCD-Winkel Veränderung Prä-OP – Follow-Up	CCD-Winkel Veränderung Prä-OP - Post- OP	CCD-Winkel Veränderung Post-OP – Follow-Up
Anzahl	22	22	22
Gültige Anzahl	22	22	22
Mittelwert	-30,73	-31,23	0,50
Standardabweichung	13,88	12,47	7,85
Minimum	-55	-54	-10
Maximum	-6	-9	19
Perzentil 25	-40,00	-40,00	-5,00
Perzentil 75	-21,00	-21,00	6,00

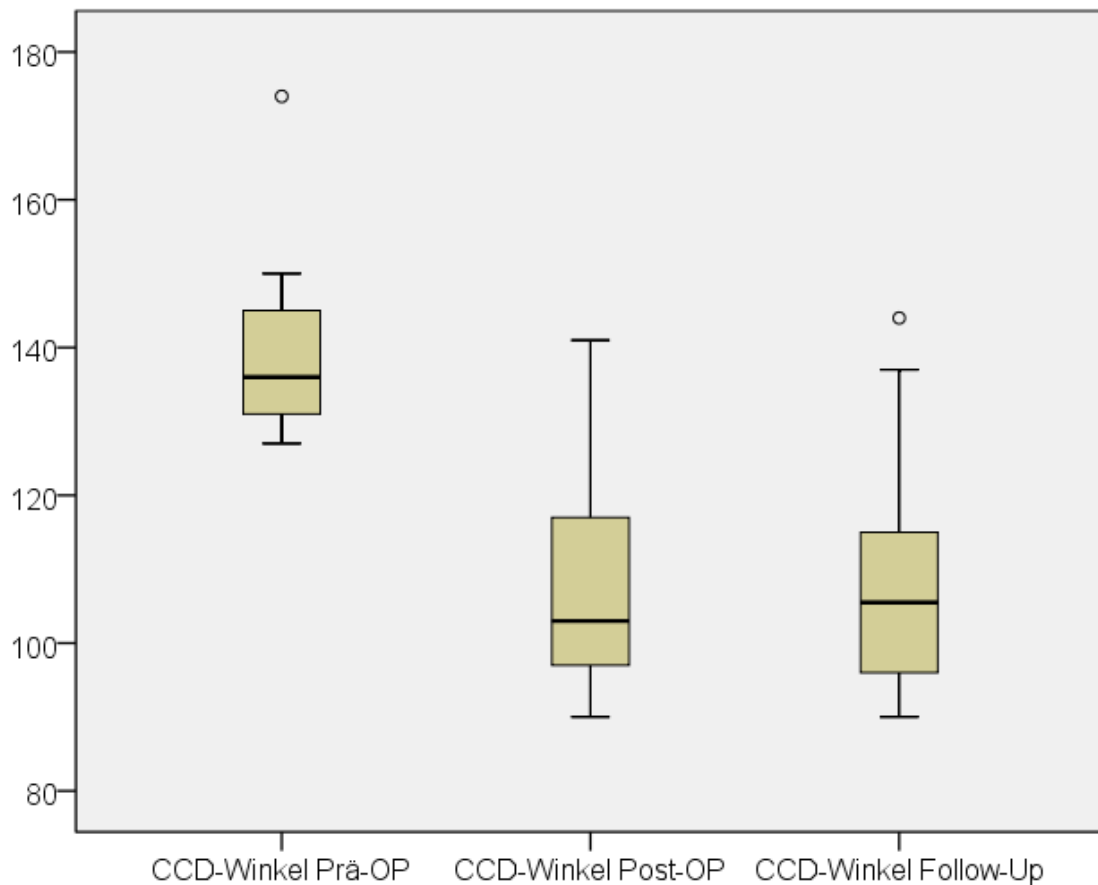


Abb. IV-9 CCD-Winkel: Boxplotgrafik

Angaben in Winkelgrad; obere Boxgrenze: 75%-Quartil; untere Boxgrenze: 25%-Quartil; Abstand zwischen oberer und unterer Boxgrenze: Interquartilsabstand (IQR); Strich innerhalb Box: Median, oberer Whisker: höchster Wert innerhalb des Bereichs von $1,5 \times \text{IQR}$ (gemessen ab 75%-Quartil); unterer Whisker: niedrigster Wert innerhalb des Bereichs von $1,5 \times \text{IQR}$ (gemessen ab 25%-Quartil); Werte außerhalb der Whisker: Ausreißer (Kreis: Wert $< 25\text{-Quartil} - \text{IQR} \times 1,5$ oder Wert $> 75\text{-Quartil} + \text{IQR} \times 1,5$; Sternchen: Wert $< 25\text{-Quartil} - \text{IQR} \times 3,0$ oder Wert $> 75\text{-Quartil} + \text{IQR} \times 3,0$)

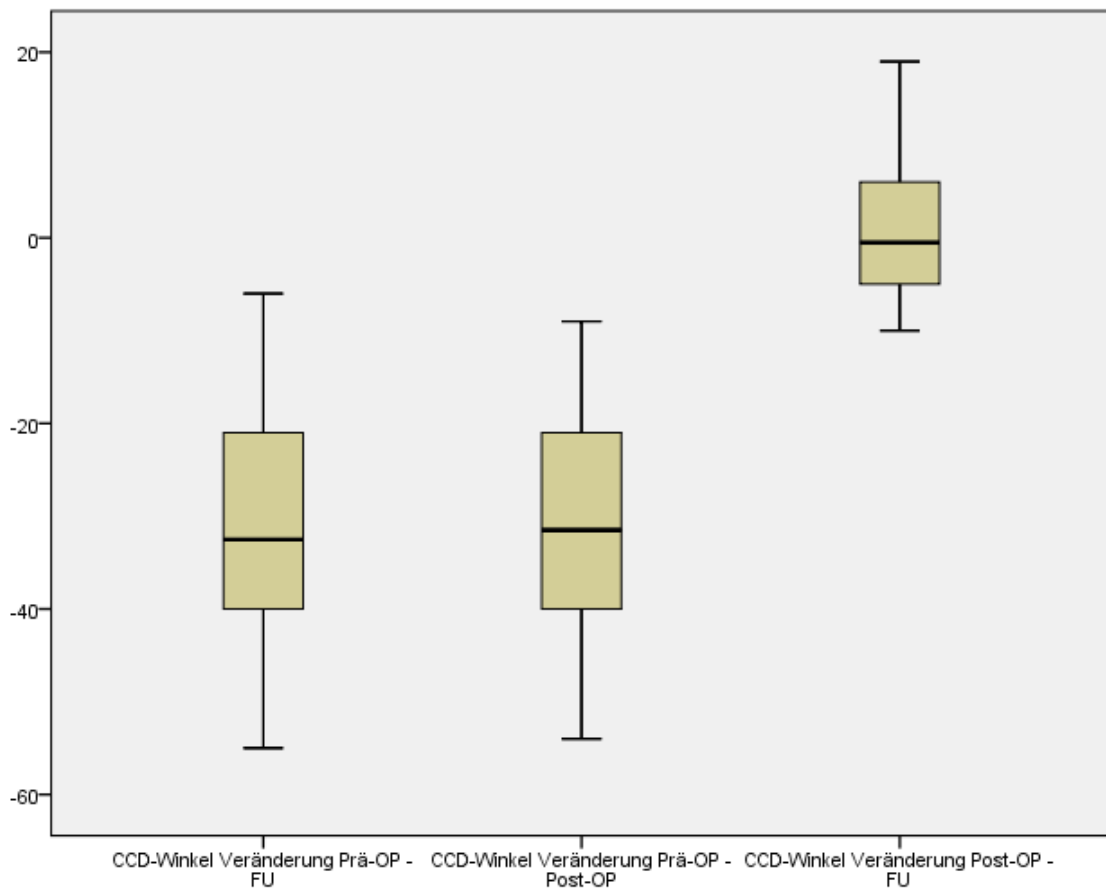


Abb. IV-10 Veränderung des CCD-Winkels: Boxplotgrafik

Angaben in Winkelgrad; obere Boxgrenze: 75%-Quartil; untere Boxgrenze: 25%-Quartil; Abstand zwischen oberer und unterer Boxgrenze: Interquartilsabstand (IQR); Strich innerhalb Box: Median, oberer Whisker: höchster Wert innerhalb des Bereichs von $1,5 \times \text{IQR}$ (gemessen ab 75%-Quartil); unterer Whisker: niedrigster Wert innerhalb des Bereichs von $1,5 \times \text{IQR}$ (gemessen ab 25%-Quartil); Werte außerhalb der Whisker: Ausreißer (Kreis: Wert $< 25\text{-Quartil} - \text{IQR} \times 1,5$ oder Wert $> 75\text{-Quartil} + \text{IQR} \times 1,5$; Sternchen: Wert $< 25\text{-Quartil} - \text{IQR} \times 3,0$ oder Wert $> 75\text{-Quartil} + \text{IQR} \times 3,0$)

IV.2.7.2.2 Vergleich der Messergebnisse zwischen Untersuchungszeitpunkten

Tab. IV-129 CCD-Winkel: Vergleich der präoperativen, postoperativen und Follow-Up-Messwerte

Wilcoxon = Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben; Friedman = Friedmans Zweifach-Rangvarianzanalyse verbundener Stichproben; Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Variablen	Stat. Test	Sig.	Niv.
CCD Prä-OP / Follow-Up	Wilcoxon	0,000	0,05
CCD Prä-OP / Post-OP	Wilcoxon	0,000	0,05
CCD Post-OP / Follow-Up	Wilcoxon	0,837	0,05
CCD Prä-OP / Post-OP / Follow-Up	Friedman	0,000	0,05

IV.2.7.2.3 Vergleich der Messergebnisse zwischen Patientengruppen

Tab. IV-130 CCD-Winkel und Veränderung CCD-Winkel zwischen Messzeitpunkten: Vergleich OP Alter <3 Jahre / >3 Jahre

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
OP-Alter < / > 3 J	Prä-OP	Mann-Whitney-U-Test	0,674	0,05
	Post-OP		0,497	0,05
	Follow-Up		0,722	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Test	0,314	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,093	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,539	0,05

Tab. IV-131 Mittelwert CCD-Winkel: Vergleich OP Alter <3 Jahre / >3 Jahre

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

OP-Alter < / > 3 Jahre		CCD-Winkel Prä-OP	CCD-Winkel Post-OP	CCD-Winkel Follow-Up
< 3 Jahre	Mittelwert	140,60	104,40	105,80
	Anzahl	10	10	10
> 3 Jahre	Mittelwert	137,25	110,17	109,92
	Anzahl	12	12	12
Gesamtsumme	Mittelwert	138,77	107,55	108,05
	Anzahl	22	22	22

Tab. IV-132 Mittelwert Veränderung CCD-Winkel: Vergleich OP Alter <3 Jahre / >3 Jahre

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

OP-Alter < / > 3 Jahre		CCD-Winkel	CCD-Winkel	CCD-Winkel
		Veränderung	Veränderung	Veränderung
		Prä-OP - Follow-Up	Prä-OP - Post- OP	Post-OP - Follow-Up
< 3 Jahre	Mittelwert	-34,80	-36,20	1,40
	Anzahl	10	10	10
> 3 Jahre	Mittelwert	-27,33	-27,08	-0,25
	Anzahl	12	12	12
Gesamtsumme	Mittelwert	-30,73	-31,23	0,50
	Anzahl	22	22	22

Tab. IV-133 CCD-Winkel und Veränderung CCD-Winkel zwischen Messzeitpunkten: Vergleich OP Alter <6 Jahre / >6 Jahre

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
OP-Alter	Prä-OP		0,231	0,05
	Post-OP	Mann-	0,115	0,05
	Follow-Up	Whitney-U-	0,013	0,05
< / > 6 J	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Test	0,033	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,134	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,329	0,05

Tab. IV-134 Mittelwert CCD-Winkel: Vergleich OP Alter <6 Jahre / >6 Jahre
Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

OP-Alter < / > 6 Jahre		CCD-Winkel Prä-OP	CCD-Winkel Post-OP	CCD-Winkel Follow-Up
< 6 Jahre	Mittelwert	137,63	103,69	102,94
	Anzahl	16	16	16
> 6 Jahre	Mittelwert	141,83	117,83	121,67
	Anzahl	6	6	6
Gesamtsumme	Mittelwert	138,77	107,55	108,05
	Anzahl	22	22	22

Tab. IV-135 Mittelwert Veränderung CCD-Winkel: Vergleich OP Alter <6 Jahre / >6 Jahre

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

OP-Alter < / > 6 Jahre		CCD-Winkel Veränderung Prä-OP - Follow-Up	CCD-Winkel Veränderung Prä-OP - Post- OP	CCD-Winkel Veränderung Post-OP - Follow-Up
< 6 Jahre	Mittelwert	-34,69	-33,94	-0,75
	Anzahl	16	16	16
> 6 Jahre	Mittelwert	-20,17	-24,00	3,83
	Anzahl	6	6	6
Gesamtsumme	Mittelwert	-30,73	-31,23	0,50
	Anzahl	22	22	22

Tab. IV-136 CCD-Winkel und Veränderung CCD-Winkel zwischen Messzeitpunkten: Vergleich männlich / weiblich

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
männlich / weiblich	Prä-OP	Mann-Whitney-U-Test	0,053	0,05
	Post-OP		0,108	0,05
	Follow-Up		0,356	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up		0,356	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,132	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,464	0,05

Tab. IV-137 Mittelwert CCD-Winkel: Vergleich männlich / weiblich

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Geschlecht		CCD-Winkel	CCD-Winkel	CCD-Winkel
		Prä-OP	Post-OP	Follow-Up
m	Mittelwert	146,00	126,33	123,67
	Anzahl	3	3	3
w	Mittelwert	137,63	104,58	105,58
	Anzahl	19	19	19
Gesamtsumme	Mittelwert	138,77	107,55	108,05
	Anzahl	22	22	22

Tab. IV-138 Mittelwert Veränderung CCD-Winkel: Vergleich männlich / weiblich
Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

		CCD-Winkel Veränderung Prä-OP - Follow-Up	CCD-Winkel Veränderung Prä-OP - Post- OP	CCD-Winkel Veränderung Post-OP - Follow-Up
Geschlecht				
m	Mittelwert	-22,33	-19,67	-2,67
	Anzahl	3	3	3
w	Mittelwert	-32,05	-33,05	1,00
	Anzahl	19	19	19
Gesamtsumme	Mittelwert	-30,73	-31,23	0,50
	Anzahl	22	22	22

Tab. IV-139 CCD-Winkel und Veränderung CCD-Winkel zwischen Messzeitpunkten: Vergleich unilateral / bilateral

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
unilateral / bilateral	Prä-OP	Mann- Whitney-U- Test	0,164	0,05
	Post-OP		0,948	0,05
	Follow-Up		0,471	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up		0,471	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,186	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,512	0,05

Tab. IV-140 Mittelwert CCD-Winkel: Vergleich unilateral / bilateral

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Bilateral		CCD-Winkel Prä-OP	CCD-Winkel Post-OP	CCD-Winkel Follow-Up
unilateral	Mittelwert	142,67	107,00	109,00
	Anzahl	9	9	9
bilateral	Mittelwert	136,08	107,92	107,38
	Anzahl	13	13	13
Gesamtsumme	Mittelwert	138,77	107,55	108,05
	Anzahl	22	22	22

Tab. IV-141 Mittelwert Veränderung CCD-Winkel: Vergleich unilateral / bilateral

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Bilateral		CCD-Winkel Veränderung Prä-OP - Follow-Up	CCD-Winkel Veränderung Prä-OP - Post- OP	CCD-Winkel Veränderung Post-OP - Follow-Up
unilateral	Mittelwert	-33,67	-35,67	2,00
	Anzahl	9	9	9
bilateral	Mittelwert	-28,69	-28,15	-0,54
	Anzahl	13	13	13
Gesamtsumme	Mittelwert	-30,73	-31,23	0,50
	Anzahl	22	22	22

Tab. IV-142 CCD-Winkel und Veränderung CCD-Winkel zwischen Messzeitpunkten: Vergleich links / rechts

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
links / rechts	Prä-OP	Mann-Whitney-U-Test	0,512	0,05
	Post-OP		0,262	0,05
	Follow-Up		0,126	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up		0,794	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,948	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,744	0,05

Tab. IV-143 Mittelwert CCD-Winkel: Vergleich links / rechts

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Körperseite		CCD-Winkel	CCD-Winkel	CCD-Winkel
		Prä-OP	Post-OP	Follow-Up
L	Mittelwert	140,38	109,54	110,62
	Anzahl	13	13	13
R	Mittelwert	136,44	104,67	104,33
	Anzahl	9	9	9
Gesamtsumme	Mittelwert	138,77	107,55	108,05
	Anzahl	22	22	22

Tab. IV-144 Mittelwert Veränderung CCD-Winkel: Vergleich links / rechts
Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

		CCD-Winkel Veränderung	CCD-Winkel Veränderung	CCD-Winkel Veränderung
Körperseite		Prä-OP - Follow-Up	Prä-OP - Post- OP	Post-OP - Follow-Up
L	Mittelwert	-29,77	-30,85	1,08
	Anzahl	13	13	13
R	Mittelwert	-32,11	-31,78	-0,33
	Anzahl	9	9	9
Gesamtsumme	Mittelwert	-30,73	-31,23	0,50
	Anzahl	22	22	22

Tab. IV-145 CCD-Winkel und Veränderung CCD-Winkel: Vergleich Tönnis Grad 2 / Tönnis Grad 3

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
Tönnis 2 / Tönnis 3	Prä-OP	Mann- Whitney-U- Test	0,181	0,05
	Post-OP		0,345	0,05
	Follow-Up		0,755	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Test	0,755	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		1,000	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,414	0,05

Tab. IV-146 CCD-Winkel und Veränderung CCD-Winkel: Vergleich Tönnis Grad 2 / Tönnis Grad 4

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
Tönnis 2 / Tönnis 4	Prä-OP		0,000	0,05
	Post-OP	Mann-Whitney-U-Test	0,038	0,05
	Follow-Up		0,130	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Test	1,000	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,959	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,959	0,05

Tab. IV-147 CCD-Winkel und Veränderung CCD-Winkel: Vergleich Tönnis Grad 3 / Tönnis Grad 4

Fettgedruckt: statistische Signifikanz; Sig. = p-Wert; Niv. = Signifikanzniveau

Verglichene Gruppen	Variable	Test	Sig.	Niv.
Tönnis 3 / Tönnis 4	Prä-OP		0,043	0,05
	Post-OP	Mann-Whitney-U-Test	0,142	0,05
	Follow-Up		0,013	0,05
	Veränd. Prä-OP/Follow-Up	Test	0,345	0,05
	Veränd. Prä-OP/Post-OP		0,950	0,05
	Veränd. Post-OP/Follow-Up		0,345	0,05

Tab. IV-148 Mittelwert CCD-Winkel: Vergleich zwischen Tönnis Grad 2-4
Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Luxationsgrad nach Tönnis		CCD-Winkel Prä-OP	CCD-Winkel Post-OP	CCD-Winkel Follow-Up
Tönnis Grad 2	Mittelwert	147,00	116,00	115,38
	Anzahl	8	8	8
Tönnis Grad 3	Mittelwert	138,17	107,50	111,33
	Anzahl	6	6	6
Tönnis Grad 4	Mittelwert	131,00	99,13	98,25
	Anzahl	8	8	8
Gesamtsumme	Mittelwert	138,77	107,55	108,05
	Anzahl	22	22	22

Tab. IV-149 Mittelwert Veränderung CCD-Winkel: Vergleich zwischen Tönnis Grad 2-4

Angaben in Winkelgrad; Anzahl: Anzahl der Messwerte

Luxationsgrad nach Tönnis		CCD-Winkel Veränderung Prä-OP - Follow-Up	CCD-Winkel Veränderung Prä-OP - Post- OP	CCD-Winkel Veränderung Post-OP - Follow-Up
Tönnis Grad 2	Mittelwert	-31,63	-31,00	-0,63
	Anzahl	8	8	8
Tönnis Grad 3	Mittelwert	-26,83	-30,67	3,83
	Anzahl	6	6	6
Tönnis Grad 4	Mittelwert	-32,75	-31,87	-0,88
	Anzahl	8	8	8
Gesamtsumme	Mittelwert	-30,73	-31,23	0,50
	Anzahl	22	22	22

IV.3 Komplikationen

Tab. IV-150 Auflistung der Fälle für die aufgetretenen Komplikationen

Nr. = Fallnummer; G = Geschlecht (w = weiblich, m = männlich); Tönnis = Grad der Hüftluxation nach Tönnis präoperativ; KS = Körperseite (L = links; R = rechts); Bilat. = unilateral/bilateral (+ zeigt bilateral an); Kompl. = Komplikation (Relux. = Reluxation; Sublux. = Subluxation; Inf. = Wundinfektion/Gelenkinfektion; Reop. = Folgeoperation, welche nicht aufgrund einer Reluxation/Infektion durchgeführt wurde); OP-A = OP-Alter in Jahren; rad. FU = radiologische Follow-Up-Zeit in Monaten; klin. FU = klinische Follow-Up-Zeit in Monaten; AVN = Hüftkopfnekrose; Relux. = Reluxation; Sublux. = Subluxation; Inf. = Wundinfektion/Gelenkinfektion; Reop. = Reoperation, welche nicht aufgrund einer Reluxation/Infektion durchgeführt wurde; (+ = Komplikation aufgetreten; - = Komplikation nicht aufgetreten; Troch.-Dist. = Trochanter-Distalisierung)

Nr.	G	Tönnis	KS	Bilat.	OP-A	rad. FU	klin. FU	AVN	Relux.	Sublux.	Inf.	Reop.*
1	w	2	L		1,3	12	12					
2	w	2	L		1,5	14	14					
3	m	2	R		1,6	10	10					
4	w	2	R		1,9	9	10					
05a	w	2	L	+	1,9	10	12					
05b	w	4	R	+	1,9	9	11					
6	w	2	L		2,1	25	10				+	
7	w	3	L		2,2	13	12					
08a	w	4	R	+	2,5	14	40					
08b	w	4	L	+	2,6	13	39		+			
9	w	4	L		3,3	17	29		+			
10	w	3	L		4,1	19	31					
11a	w	4	R	+	4,9	12	12					
11b	w	4	L	+	5	11	11					
12a	w	4	L	+	5,3	10	10					
12b	w	4	R	+	5,4	9	9		+		+	
13a	w	3	R	+	6	16	6					
13b	w	3	L	+	6,3	13	3					
14	w	3	L		9,3	84	84					Troch.-Dist.
15	w	3	R		10,4	51	51					
16a	m	2	L	+	12,8	38	38			+		
16b	m	2	R	+	13,2	33	33					

Tab. IV-151 Komplikationsraten

AVN = Hüftkopfnekrose; Relux. = Reluxation; Sublux. = Subluxation; Inf. = Wundinfektion/Gelenkinfektion; Reop. = Reoperation, welche nicht aufgrund einer Reluxation/Infektion durchgeführt wurde

	Insgesamt	AVN	Relux.	Sublux.	Inf.	Reop.
Anzahl	22	0	3	1	2	1
In Prozent	100%	0,0%	13,6%	4,5%	9,1%	4,5%

V. Diskussion

Die im Laufalter diagnostizierte DDH stellt ein Krankheitsbild dar, welches individuell unterschiedlich ausgeprägte pathologische Befunde vor allem des Azetabulums und des proximalen Femurs zeigt. Das Ziel der Behandlung ist es, die Dysplasie des Hüftgelenks zu korrigieren, ohne dass es dabei zu Komplikationen wie der Hüftkopfnekrose oder einer Reluxation kommt.^{1,66} Es existiert jedoch kein Konsens hinsichtlich des besten Managements dieses komplexen Krankheitsbildes.^{1,5,66}

Bei der operativen Therapie gibt es zahlreiche Vorgehensweisen, die darauf abzielen, das luxierte Hüftgelenk zu reponieren und die anatomischen Gelenkverhältnisse so zu verbessern, dass die Reposition auf Dauer gesichert sowie eine Rückbildung der pathologischen Veränderungen und eine möglichst normale Entwicklung des Hüftgelenks bis zum Abschluss des Wachstums gewährleistet ist. Um dieses Ziel zu erreichen steht wiederum eine Vielzahl unterschiedlicher Methoden zur Reposition des Hüftkopfes in die Hüftpfanne, sowie zur Rekonstruktion des Beckens bzw. Azetabulums und des proximalen Femurs zur Verfügung. Diese werden in einer oder mehreren Operationen auf unterschiedliche Art und Weise kombiniert oder einzeln durchgeführt.

Im Folgenden wird zunächst die angewandte Methodik diskutiert. Darauf folgt die Diskussion der Behandlungsergebnisse, welche anhand von in der Literatur häufig verwendeten Klassifikationssystemen bewertet werden. Zum Schluss werden die erhobenen Messergebnisse der einzelnen klinischen und radiologischen Parameter diskutiert.

Ein Vergleich zwischen einzelnen Studien und die Analyse des Einflusses eines bestimmten Faktors oder einer Behandlungsmethode auf das Ergebnis ist hierbei aus verschiedenen Gründen schwierig: Die meisten Studien betrachten nicht ein einziges Behandlungskonzept, sondern schließen Patienten, die unterschiedlich behandelt wurden, mit ein. Hinzu kommt, dass die Studien sehr unterschiedliche Follow-Up-Zeiten aufweisen und das Patientenalter sowohl zwischen den verschiedenen Untersuchungen als auch innerhalb einzelner Untersuchungen stark variiert. Außerdem werden nicht nur viele unterschiedliche Kombinationen von Operationsmethoden angewendet, sondern auch unterschiedliche Modifikationen etablierter Operationsmethoden vorgenommen.

V.1 Methodik

V.1.1 Operationstechnik

Nach McKay¹¹⁸ müssen in der operativen Therapie der DDH fünf Ziele verfolgt werden. Erstens muss dafür gesorgt werden, dass nach der Reposition kein erhöhter Druck auf den Hüftkopf ausgeübt wird. Zweitens muss eine konzentrische Reposition des Hüftkopfes erreicht werden und drittens dafür gesorgt werden, dass die Reposition auf Dauer gesichert ist. Viertens gilt es die bestmögliche Beziehung zwischen dem Hüftkopf und dem Azetabulum herzustellen. Fünftens ist ein Gangbild ohne Rotationsfehlstellung oder Beinlängendifferenz zu gewährleisten.

Um diese Therapieziele zu erreichen, werden zahlreiche unterschiedliche Behandlungsmethoden verwendet. Bei der Wahl der Therapie spielen viele Faktoren, wie zum Beispiel das Patientenalter, die individuellen pathologisch-anatomischen Befunde und die Erfahrung des Chirurgen, eine Rolle.⁷²

Viele Autoren^{1,4,5,69,71,84-86,88-90,92,120,121} empfehlen für die Therapie der im Laufalter diagnostizierten Hüftluxation statt eines zeitlich gestaffelten operativen Vorgehens eine sogenannte One-Stage-Operation mit einer Kombination aus offener Reposition, einer Femurosteotomie und einem Eingriff am Becken bzw. Azetabulum, wie sie auch in dieser Untersuchung durchgeführt wurde. Ein offensichtlicher Vorteil dieser Vorgehensweise ist die Therapie des Krankheitsbildes mit einer einzigen Operation, wenn man von den notwendigen Metallentfernungen absieht. Die One-Stage-Operation stellt zwar ein komplizierteres Verfahren als beispielsweise eine alleinige offene Reposition oder ein zeitlich gestaffeltes Vorgehen dar, sie kann von einem erfahrenen Chirurgen jedoch sicher durchgeführt werden und weist im Vergleich zur alleinigen offenen Reposition keine erhöhte Morbidität, besonders im Hinblick auf die Hüftkopfnekrose, auf.^{4,71,72}

Für die Reposition des dislozierten Hüftkopfes in die Gelenkpfanne wurde eine offene Reposition mit einer fakultativen Verkürzungsosteotomie des Femurs durchgeführt.

Vorteile der offenen im Vergleich zur geschlossenen Reposition sind die Möglichkeit der direkten visuellen Kontrolle des Repositionsergebnisses, eine geringere Traumatisierung des Hüftkopfes und die Möglichkeit einer guten Einschätzung des Dysplasieausmaßes.⁸⁹ Bei der geschlossenen Reposition kann es zu hohen Raten an Hüftkopfnekrosen und Revisionsoperationen aufgrund von Reluxationen oder persistierender Dysplasie kommen.^{7,122}

Die Vorteile der gleichzeitig durchgeführten Verkürzungsosteotomie des Femurs sind, dass sie zum einen eine spannungsfreie Reposition des Femurs ermöglicht, ohne dass es aufgrund der verkürzten Weichgewebe zu einer Erhöhung des Gelenkdrucks kommt. Zum anderen erlaubt sie das Umgehen der

Risiken einer Extensionsbehandlung und des damit verbundenen verlängerten stationären Aufenthaltes.^{4,89} Dies führt zu einer Reduktion der Hüftkopfnekrose rate und der Reluxationsrate im Vergleich zur Extensionsbehandlung.¹²³

Während der OP kann unter Sichtkontrolle diejenige Gelenkstellung gefunden werden, in der der Hüftkopf am stabilsten in der Pfanne sitzt. Die durchgeführte intertrochantäre Femurosteotomie mit individuell unterschiedlichen Ausmaßen von Derotation, Varisation und Verkürzung ermöglicht eine entsprechende Reorientierung des proximalen Femurs, wodurch eine hohe Stabilität der Reposition erreicht werden kann.

Als Korrekturmaßnahme am Becken wurde in allen Fällen die Beckenosteotomie nach Salter⁷³ durchgeführt, da sie technisch relativ einfach durchzuführen ist und, wie durch Salter beschrieben, mehrere Vorteile hat. Durch die Korrektur der Ausrichtung des gesamten Azetabulums kann eine sofortige Stabilität der Reposition in Funktionsstellung erreicht werden, ohne dass die Form der Gelenkfläche des Azetabulums verändert und das Volumen des Azetabulums verringert wird. Durch die Verbesserung der Überdachung des Hüftkopfes vergrößert sich die gewichttragende Gelenkfläche, wodurch die Druckbelastung des Gelenks verringert wird. Die Gelenkstabilität kann allein durch die Neuausrichtung des Azetabulums erreicht werden, weswegen eine derotierende und varisierende Femurosteotomie laut Salter nicht unbedingt nötig ist. Aufgrund der erreichten Stabilität der Reposition ist keine lange Immobilisationsphase nötig, wodurch eine frühzeitige Funktion des Gelenks gewährleistet ist. Dies hat einen positiven Einfluss auf die weitere Entwicklung des Azetabulums und des Femurkopfes.

Ein möglicher Fallstrick bei der Kombination der SIO mit einer Femurosteotomie besteht in der möglichen Überkorrektur der Antetorsion mit der Folge einer posterioren Instabilität des Hüftgelenks.^{4,124}

Es existieren nur wenige Untersuchungen, die die Langzeitergebnisse nach einer derartigen Operation darstellen. Thomas et al.¹²⁵ untersuchten die Langzeitergebnisse rund 45 Jahre nach der Durchführung der Operation. In den ersten 30 Jahren postoperativ war die Wahrscheinlichkeit für einen Gelenkersatz sehr gering. 45 Jahre nach der Operation hatten 46% aller Fälle einen kompletten Hüftgelenkersatz erhalten, 25% der restlichen Fälle wiesen bereits eine manifeste Arthrose auf. Rund zwei Drittel der Hüften ohne Gelenkersatz zeigten 45 Jahre postoperativ und darüber hinaus eine gute Gelenkfunktion.

V.1.2 Datenerhebung und Patientenkollektiv

Aufgrund des Neugeborenen Screenings kommt es in Deutschland nur noch äußerst selten vor, dass eine DDH erst im Laufalter diagnostiziert wird. Deswegen ist die Patientenzahl in dieser Studie mit 16 nicht sehr hoch. Nur 4 der 16 Patienten wurden in Deutschland geboren. Die restlichen 12 Patienten wurden entweder in den Vereinigten Arabischen Emiraten (9 Patienten), dem Irak (2 Patienten) oder Rumänien (1 Patientin) geboren und aufgrund der Erfahrung der Kinderorthopädischen Abteilung des Klinikums Großhadern mit diesem Krankheitsbild in dieser behandelt. Verglichen mit ähnlichen Studien ist diese geringe Patientenzahl nicht ungewöhnlich.^{2,82,84,88,89,109,118,126}

Vergleichbare Studien sind nicht nur in Deutschland, sondern auch im Rest Europas selten. Aus den letzten Jahren ist dem Autor nur eine Studie aus England² mit 15 Patienten (18 Hüftgelenken) und eine Untersuchung aus Frankreich⁶⁶ bekannt. Relativ viele Studien, die das Thema behandeln, wurden in den letzten Jahren an türkischen Kliniken durchgeführt.^{1,5,86,87} Die höchste Patientenzahl wies unter diesen die Untersuchung von Subasi et al.⁸⁶ mit 40 Patienten (51 Hüftgelenken) auf.

Die Datenerhebung erfolgte retrospektiv. Die klinischen Untersuchungsbefunde wurden aus Arztbriefen und klinischen Befunddokumentationsbögen entnommen. Ausgewertet wurde das Vorhandensein eines Trendelenburg-Duchenne-Zeichens im Stand oder beim Gehen, einer Beinlängendifferenz, einer Bewegungseinschränkung bei der passiven Beweglichkeitsprüfung sowie das Vorhandensein von Schmerzen. Diese klinischen Parameter liefern ein umfangreiches Bild über den klinisch-funktionellen Zustand des Hüftgelenks vor und nach der OP. Das Hüftgelenk eines Patienten, welcher ein normales Gangbild, keine Beinlängendifferenz und keine passive Bewegungseinschränkung aufweist und außerdem keine Schmerzen angibt, kann sicherlich als voll funktionsfähig und somit als zufriedenstellendes Behandlungsergebnis gewertet werden. Eine detailliertere Darstellung der präoperativen und postoperativen Beweglichkeit der Hüftgelenke mit einer genauen Angabe der Bewegungsausmaße war leider aus Gründen der unzureichenden Dokumentation in den Patientenakten nicht möglich.

Für die radiologische Bewertung der Hüftgelenke in den präoperativen, postoperativen sowie aktuellsten Beckenübersichtsaufnahmen wurden verschiedene in der Beurteilung dysplastischer Hüftgelenke häufig verwendete Parameter verwendet. Um sicherzustellen, dass sich die Beckenübersichtsaufnahmen für die Vermessung der verschiedenen Parameter eignen wurden zunächst der Drehungsquotient des Beckens und der Beckenkippsindex ausgerechnet. Es wurden nur Beckenübersichtsaufnahmen verwendet, bei denen diese Quotienten im Normalbereich lagen. So

war gewährleistet, dass das Becken bei der Anfertigung der Röntgenaufnahme korrekt gelagert worden war und es somit bei der Vermessung nicht zu signifikanten Verzerrungen kommen konnte.

Eine Schwäche der Methodik bezüglich der Vermessung der Röntgenbilder liegt sicherlich darin, dass die für die Konstruktion der verschiedenen Winkel und Strecken nötigen Bezugspunkte und Bezugslinien nicht immer vollkommen eindeutig identifiziert werden können. Es muss angenommen werden, dass hier eine gewisse Inter- sowie Intraobserver-Variabilität besteht.⁷⁰ In dieser Untersuchung wurden die Röntgenbilder nur vom Autor, das heißt von einer Person, ausgewertet. Die vom Autor vorgenommenen Markierungen der verschiedenen Bezugspunkte im Röntgenbild wurden jedoch vom Betreuer der Dissertation, welcher sämtliche Operationen durchgeführt hat, kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert. Auf die spezifischen Probleme bei der Konstruktion der jeweiligen Winkel und Strecken wurde bereits in Kapitel III.4.2 im Rahmen der Erläuterung der einzelnen gemessenen Parameter näher eingegangen. Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass radiologisch nur Beckenübersichtsaufnahmen ausgewertet wurden. Diese erlauben lediglich eine Beurteilung der anatomischen Befunde in der Frontalebene. Die radiologische Beurteilung von Behandlungsergebnissen allein anhand von Beckenübersichtsaufnahmen ist jedoch die auch in der Literatur weit verbreitete Vorgehensweise.

V.1.3 Verwendete Messparameter und deren Bewertung

Im Folgenden wird zunächst diskutiert, warum die gewählten klinischen und radiologischen Messparameter verwendet wurden und anschließend, welche Vor- und Nachteile die verwendeten Kriterien zur Beurteilung der Messwerte aufweisen.

Zur Beurteilung der klinischen Behandlungsergebnisse wurden die Parameter „Trendelenburg-Duchenne-Zeichen“, „Beinlängendifferenz“, „Einschränkung der passiven Hüftgelenksbeweglichkeit“ und „Hüftgelenksschmerzen“ verwendet. Die vier erfassten Parameter bilden die bei diesem Krankheitsbild typische, klinisch erfassbare Pathologie umfassend und ausreichend ab.

Untersucht man ein Hüftgelenk auf das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein der Parameter, lässt sich nach Ansicht des Autors sehr gut feststellen, ob es sich um ein ohne Einschränkungen funktionsfähiges Hüftgelenk, ein eingeschränkt funktionsfähiges Hüftgelenk oder ein nicht funktionsfähiges Hüftgelenk handelt. In den verwendeten klinischen Bewertungskriterien von McKay¹¹⁸ werden genau diese Parameter beurteilt. Zusätzlich fließt in die Kriterien noch der Parameter „Stabilität“ ein. Die Stabilität des Hüftgelenkes wird

in dieser Untersuchung jedoch nicht als klinischer Parameter aufgeführt, sondern wird anhand der gemessenen radiologischen Parameter erfasst.

Zur Messung der radiologischen Behandlungsergebnisse wurden der AC-Winkel, der CE-Winkel, der Pfannenneigungswinkel, der ACM-Winkel, der Instabilitätsindex nach Reimers, und der projizierte CCD-Winkel verwendet.

Nach Ansicht des Autors lassen sich mithilfe dieser Parameter die anatomischen Verhältnisse der untersuchten Hüftgelenke prä- und postoperativ in einem Maße erfassen, welches es ermöglicht einerseits das radiologisch-anatomische Behandlungsergebnis zu bewerten und andererseits einen Vergleich mit den Ergebnissen anderer Autoren anstellen. Der Vergleich mit Ergebnissen anderer Untersuchungen ist leider nur im Fall des AC-Winkels und des CE-Winkels möglich, da die weiteren Parameter in der dem Autor bekannten Literatur nicht zur Anwendung kamen.

Der AC-Winkel ist ein gutes Maß für die Neigung des Pfannendaches in der Horizontalebene. Er hat sich seit langem in der Beurteilung der kindlichen Hüft dysplasie bewährt.¹²⁷ Gründe dafür sind die einfache und schnelle Messbarkeit und die Tatsache, dass er mit der Neigung des Pfannendaches den biomechanisch vermutlich wichtigsten Einzelparameter in der Beurteilung der DDH darstellt.¹²⁸ Ein Nachteil ist, dass sich der Wert des Winkels mit der Drehung und Kippung des Beckens ändert, weswegen bei der Anfertigung der Röntgenübersichtsaufnahmen auf eine genaue und standardisierte Einstellung des Beckens zu achten ist. Ein weiterer Nachteil ist, dass der Winkel nach der Verknöcherung der Y-Fuge nicht mehr messbar ist.

Der CE-Winkel ist ein Maß für die laterale Überdachung des Hüftkopfes. Je tiefer die Hüftpfanne ist, desto größer wird er, je steiler und flacher die Hüftpfanne ist, desto kleiner wird er.¹⁴ Bei zunehmender Subluxation kann er auf bis zu 0° absinken oder sogar negativ werden. Bei der Beurteilung von Behandlungsergebnissen wird in vielen angloamerikanischen und skandinavischen Arbeiten fast ausschließlich dieser Winkel verwendet.¹⁴ Außerdem fließt er auch in verschiedene Scores zur Bewertung der Behandlungsergebnisse bei DDH mit ein, wie zum Beispiel die in dieser Arbeit verwendete Severin-Klassifikation.

Erstmals wurde der CE-Winkel von Wiberg³⁸ 1939 als eine Messmethode vorgestellt, die bei erwachsenen Hüftgelenken Anwendung finden konnte. Weiterhin schränkte er die Anwendung des Winkels auf solche pathologischen Fälle ein, die an das Normale angrenzen.¹¹⁷

Nach Massie und Howorth¹¹⁰ wird die Bestimmung des CE-Winkels bei Kindern im Alter von weniger als 3 Jahren zunehmend schwieriger, weil die Epiphyse im Röntgenbild nicht vollständig sichtbar ist und zusätzlich eine unre-

gelmäßige Ossifizierung aufweist. Daher könne sie nicht zur Ermittlung des Hüftkopfmittelpunktes verwendet werden. Ihren Angaben zufolge liegt der Hüftkopfmittelpunkt auf einem Punkt, der von den beiden Enden der Metaphysenlinie gleichweit entfernt ist und leicht proximal der Metaphysengrenze liegt.

Eine weitere Schwierigkeit bei der Ermittlung des CE-Winkels ist die Tatsache, dass die genaue Lage des Pfannenerkers, die bei normalen Hüftgelenken leicht zu erkennen ist, im Falle einer Subluxation mit einem steilen und abgerundeten Pfannendach in weniger leicht definiert werden kann.¹¹⁷

Auch Tönnis stellte fest, dass der CE-Winkel bei Kleinkindern große Unterschiede aufweist, weil bei noch nicht vollständig ausgebildetem Hüftkopf teilweise erhebliche Schwankungsbreiten bei der Ermittlung des Hüftkopfmittelpunktes auftreten. Angaben für Kinder im Alter von unter 5 Jahren hätten deshalb nur begrenzten Wert. Ebenso stellt sich die Ermittlung des Hüftkopfmittelpunktes bei deformierten Hüftköpfen problematisch dar.^{14,129} Weiterhin ändert sich der Winkel bei Außenrotationsstellungen des Schenkelhalses.¹²⁹

Da der CE-Winkel in der Literatur weite Verbreitung in der Beurteilung von Behandlungsergebnissen findet, verzichteten wir trotz der teilweise auftretenden Schwierigkeiten bei seiner Konstruktion und daraus folgender Messungenauigkeiten nicht auf seine Messung.

Der Pfannenneigungswinkel beurteilt im Gegensatz zum AC-Winkel nicht die Neigung des Pfannendaches, sondern die Neigung der gesamten Pfanne in der Horizontalebene, welche neben anderen Faktoren wesentlicher Ausdruck einer normalen Druckübertragung im Hüftgelenk ist.¹⁴ Der Vorteil dieses Winkels ist, dass er im Gegensatz zum AC-Winkel auch noch nach der Verknöcherung der Y-Fuge messbar ist und somit auch dann noch Aussagen in Bezug auf die Neigung der Pfanne zulässt. Ein Nachteil dieses Winkels ist, dass er kein anatomisch korrektes Maß darstellt, da die zur Konstruktion verwendete Köhler'sche Tränenfigur etwas medialer liegt als der untere Pfannenrand.¹²⁸

Mithilfe der oben genannten Winkel können die Neigung der Pfanne und die Überdachung des Hüftkopfes beurteilt werden. Ein weiteres für die Stabilität des Hüftgelenkes wichtiges anatomisches Attribut ist die Tiefe der Hüftgelenkspfanne. Diese kann anhand des ACM-Winkels erfasst werden. Ein Vorteil dieses Winkels ist, dass er von Drehungen und Kippungen des Beckens sowie vom Patientenalter nahezu unabhängig ist.¹⁴ Ein Nachteil ist, dass bei kleinen Kindern in der Praxis gelegentlich Schwierigkeiten auftreten, wenn es darum geht den untersten Punkt des Pfannenrandes, der zur Konstruktion des Winkels benötigt wird, im Röntgenbild zu identifizieren.¹⁴

Der Instabilitätsindex nach Reimers ist ein Messwert zur Bestimmung der Instabilität des Hüftgelenks und wurde erstmals 1980 von Reimers¹¹⁷ beschrieben. Er misst in der Frontalebene den prozentualen Anteil des Hüftkopfes, der nach lateral über die Perkins-Linie, also den Pfannenerker, hinaustritt. Er ist somit ein Maß für den nicht vom Pfannendach überdachten Anteil des Hüftkopfes.

Vorteile des Instabilitätsindex sind laut Reimers, dass er nahezu unabhängig von Beckendrehungen um die Längsachse sowie von Innen- und Außenrotationen des Femurs ist. Außerdem ist an seinem Wert sofort zu erkennen, wie groß der nicht überdachte Anteil des Hüftkopfes ist. Aus dem Wert des CE-Winkels geht diese Information nicht so deutlich hervor.^{14,114,117}

Die Anatomie des proximalen Femurs, genauer gesagt die Neigung des Schenkelhalses im Verhältnis zum Schaft, wird durch die durchgeführte intertrochantäre Umstellungsosteotomie erheblich verändert. Diese direkte Veränderung durch die Operation und auch eine eventuelle durch Umbauvorgänge stattfindende Veränderung wurden anhand des projizierten CCD-Winkels gemessen. Der offensichtliche Nachteil dieses Winkels ist, dass es sich um einen projizierten, also keinen reellen Winkel handelt, für den keine Normalwerte oder Einteilungen in pathologische Wertebereiche existieren. Diese existieren lediglich für den errechneten CCD-Winkel nach Müller, für den jedoch zusätzliche Röntgenaufnahmen benötigt werden, die für das Untersuchungsgut nicht routinemäßig angefertigt wurden.

Dennoch lässt sich auch anhand des projizierten Winkels eine Aussage über die Anatomie des proximalen Femurs treffen und es lassen sich die zu den verschiedenen Zeitpunkten erhobenen Messwerte miteinander vergleichen.

Für die Beurteilung des Behandlungsergebnisses und für den Vergleich der Ergebnisse mit denen anderer Autoren wurden die klinischen Kriterien nach McKay¹¹⁸ (Tab. III-7), sowie die anatomischen bzw. radiologischen Kriterien nach Severin¹¹⁹ (Tab. III-8). Diese werden von den meisten Autoren, die ähnliche Studien veröffentlicht haben, für die Bewertung des Behandlungsergebnisses verwendet.^{1,2,4,5,82-85,87-92,109,121,126,130,131}

Da in den McKay-Kriterien für die Einstufung des klinischen Ergebnisses als *Good* anstatt von *Excellent* schon ein diskret eingeschränkter Bewegungsumfang, und in den Severin-Kriterien für die Einstufung des radiologischen Ergebnisses als Typ II anstelle von Typ I schon eine diskrete Deformität des Hüftkopfes beziehungsweise des Schenkelhalses genügt, und die Funktion des Hüftgelenkes in beiden Fällen somit nur minimal eingeschränkt ist, wurden die klinischen Grade *Good* und *Excellent*, beziehungsweise die radiologi-

schen Typen I und II als zufriedenstellendes Ergebnis gewertet. Dies wird von vielen anderen Autoren in gleicher Weise gehandhabt.^{1,4,5,84,85,87-90,92,109,130}

Obwohl die Kriterien nach Severin mittlerweile von vielen Autoren verwendet werden, wurde nie die Reliabilität dieses Klassifikationssystems nachgewiesen¹³². Ward et al.¹³² kommen in ihrer Arbeit zu dem Schluss, dass sowohl die Intra- als auch die Interrater-Reliabilität nicht ausreichend sind. Massie und Howorth¹¹⁰ weisen darauf hin, dass die Grade der anatomischen Einteilung zwar klar voneinander abgegrenzt seien, dass diese Einteilung jedoch eigentlich nur auf reife oder fast vollständig ausgereifte Hüftgelenke angewendet werden könne.

Da bis zum jetzigen Zeitpunkt jedoch noch kein Klassifikationssystem für die Beurteilung der Ergebnisse der operativen Behandlung der DDH existiert, dessen Reliabilität bestätigt wurde, wurden die Severin-Kriterien verwendet, da sie in der Literatur etabliert sind und somit eine gute Beurteilungs- und Vergleichsmöglichkeit bieten.

Für die Bewertung der gemessenen radiologischen Einzelparameter wurde für den AC-Winkel, den PNW, den ACM-Winkel und den CE-Winkel das Klassifizierungssystem des Arbeitskreises für Hüftdysplasie der DGOT¹⁴ verwendet. Es handelt sich bei diesem Klassifizierungssystem um ein geeignetes Instrument für die Bewertung der radiologischen Befunde, da es eine Einteilung der gemessenen Parameter in pathologische Grade vornimmt und somit einen einfachen Vergleich zwischen verschiedenen Parametern sowie zwischen einzelnen Parametern zu verschiedenen Zeitpunkten erlaubt. Vorteil dieses Klassifizierungssystems ist, dass es nicht auf einer einzigen Untersuchung basiert, sondern dass für die Ermittlung der normalen und pathologischen Werte sämtlicher Parameter jeweils die größten in der Literatur verfügbaren Untersuchungen ausgewertet wurden.¹⁴ Es stellt somit nach dem Wissen des Autors das umfassendste und fundierteste Klassifizierungssystem dieser Art dar.

Ein Parameter, der in diesem Klassifizierungssystem nicht berücksichtigt wird, ist der projizierte CCD-Winkel. Für diesen existiert nach Wissen des Autors kein Einteilungsschema, welches Normalwerte bzw. pathologische Werte für die verschiedenen Altersstufen bietet. Hierauf wird in Kapitel V.2.2.6 bei der Diskussion der Messergebnisse dieses Parameters noch näher eingegangen.

Die Auswertung der klinischen Parameter „Trendelenburg-Duchenne-Zeichen“, „Passive Bewegungseinschränkung“ und „Schmerzen“ bestand in der Ermittlung eines negativen Befundes, eines positiven Befundes oder eines lediglich diskret positiven Befundes. Ob ein vorhandenes Trendelenburg-Duchenne-Zeichen oder vorhandene Schmerzen in der Patientenakte als po-

sitiv oder diskret positiv vermerkt wurden, hängt naturgemäß von der subjektiven Einschätzung des Untersuchers beziehungsweise des Patienten ab. Dieser Unterschied zwischen den beiden Ausprägungen ist also nicht exakt messbar. Eine Bewegungseinschränkung bei der passiven Bewegungsprüfung wurde als diskret positiv bewertet, wenn zwar im Vergleich zum gesunden kontralateralen Hüftgelenk eine Einschränkung bestand oder im Fall eines beidseits betroffenen Patienten Abweichungen von in der Literatur angegebenen Normalwerten vorlagen, diese jedoch nicht das normale Gangbild beeinflussten und der Patient keine Einschränkungen im Alltag angab. Dies stellt nach Ansicht des Autors eine sinnvolle und nachvollziehbare Vorgehensweise dar.

V.1.4 Statistische Auswertung

Die geringe Patientenzahl schränkt die Repräsentativität der Studie in gewissem Maße ein. Dennoch liefert diese Untersuchung eine wertvolle detaillierte Darstellung der frühen Behandlungsergebnisse des Patientengutes. Weiterhin ermöglicht sie einen Vergleich mit den Ergebnissen ähnlicher Untersuchungen anderer Autoren.

V.2 Ergebnisse

V.2.1 Klinische Behandlungsergebnisse

In dieser Untersuchung konnte bei zwei Hüftgelenken (9,1%) klinisch ein *Excellent* und bei 15 Hüftgelenken (68,2%) ein *Good* nach den Kriterien von McKay erzielt werden. Damit ist in 77,3% der Fälle (17 Hüften) klinisch ein zufriedenstellendes Behandlungsergebnis erreicht worden.

Unterteilt man das Untersuchungsgut in unterschiedliche Altersgruppen, so fällt auf, dass die jüngeren Patienten, vor allem diejenigen mit einem OP-Alter von weniger als 3 Jahren, ein besseres Ergebnis zeigten. In dieser Altersgruppe zeigten alle Patienten ein zufriedenstellendes Ergebnis. In der Gruppe mit einem OP-Alter von 3 bis 6 Jahren zeigten 33,3% der Fälle ein nicht zufriedenstellendes Ergebnis, in der Gruppe mit einem OP-Alter von über 6 Jahren waren es 50,0%.

Vergleichbare Untersuchungen, die eine ähnliche durchschnittliche Follow-Up-Zeit wie die vorliegende Studie aufweisen, haben ähnliche Behandlungsergebnisse gezeigt.^{1,4,5,82-85,87,89,109,131} Der prozentuale Anteil der Hüftgelenke, die von den Autoren nach McKay klinisch als *Excellent* oder *Good* eingestuft wurden, lag zwischen 73%⁸⁷ und 100%^{89,109}. Der Durchschnittswert liegt bei rund 85%. Mit 77,3% ist das Ergebnis der vorliegenden Untersuchung also

ein wenig schlechter. Die Follow-Up-Zeit liegt in der Literatur zwischen 2,5 Jahren¹³¹ und 5,4 (2-10) Jahren¹, das OP-Alter zwischen 1,2 (1-15) Jahren⁸² und 10,6 (8-18) Jahren⁸⁴.

In Studien mit einer längeren Follow-Up-Zeit^{2,88,90-92,109,118,126,130} von 6,1 (4-9) Jahren¹¹⁸ bis 15,6 (9,9-19,5) Jahren¹²⁶ liegt der Anteil der klinisch exzellenten und guten Hüften zwischen 67,3%⁹⁰ und 100%^{2,109}, der Durchschnittswert liegt bei rund 76%, zeigt also nur einen geringen Unterschied zu dem Ergebnis dieser Untersuchung.

In 22,7% (5 Hüften: Nr. 9, 12b, 13a, 13b, 15) der Fälle konnte klinisch nur ein mäßiges Ergebnis (*Fair*) erreicht werden. Der klinische Befund dieser Hüften ist also noch nicht zufriedenstellend.

Das klinisch nicht zufriedenstellende Behandlungsergebnis lässt sich im Fall von Hüfte Nr. 9 und Hüfte Nr. 12b am ehesten durch die aufgetretenen postoperativen Komplikationen erklären.

Hüfte Nr. 9 stellt wahrscheinlich das Hüftgelenk mit dem ungünstigsten Verlauf dar. Dieser wird in Kapitel V.2.4.4 ausführlich dargestellt. Die Hüfte musste aufgrund von zwei Reluxationen zweimal operativ revidiert werden, wodurch das klinisch nur mäßige Ergebnis erklärt werden könnte. Die weibliche Patientin war nur links erkrankt und bei der primären Operation 3,3 Jahre alt. Es lag eine Hüftluxation Grad 4 nach Tönnis vor. Bei der letzten Nachuntersuchung ca. 2 Jahre und 4 Monate nach der primären OP wies die Patientin auf der betroffenen Seite eine Beinverkürzung von 2 cm und eine Abduktions-Außenrotationskontraktur mit einer Einschränkung des Bewegungsumfanges des Hüftgelenkes auf. Jedoch bestanden keinerlei Schmerzen und auch das Gangbild stellte sich als weitgehend normal dar. Ein Hinken war nicht zu erkennen. Die Patientin kommt im Alltag gut zurecht.

Im Fall der Hüfte Nr. 12b handelt es sich um das rechte Hüftgelenk einer bilateral betroffenen Patientin, die bei der primären OP 5,4 Jahre alt war. 5 Wochen vor der primären OP war bereits das linke Hüftgelenk operativ versorgt worden. Postoperativ kam es rechts zu einem tiefen Wundinfekt, sowie einer Reluxation, die ca. 1 Monat nach der Primär-OP mit einer erneuten offenen Reposition behandelt wurde. Daraufhin wurde die Patientin für 3 Monate mit einer Hoffmann-Daimler-Schiene versorgt. Bei der Follow-Up-Untersuchung 9 Monate nach der Primär-OP zeigten sich klinisch ein Duchenne-Hinken, sowie eine Einschränkung der passiven Beweglichkeit auf Extension/Flexion 0/0/60°.

Im Fall der Patientin Nr. 13 steht das mäßige klinische Ergebnis möglicherweise damit im Zusammenhang, dass die Follow-Up-Zeit (rechts 7 Monate, links 3 Monate) sehr kurz ist. Außerdem handelt es sich um eine bilateral betroffene Patientin, die mit 6 Jahren bereits ein relativ hohes OP-Alter aufwies.

3 Monate nach der OP des rechten Hüftgelenks wurde die Gegenseite in gleicher Weise behandelt. Beide Operationen verliefen komplikationslos. Bei der letzten klinischen Nachuntersuchung 7 Monate nach der OP der rechten Hüfte zeigte sich ein beidseits vorhandenes Duchenne-Hinken, weshalb das klinische Ergebnis zu diesem Zeitpunkt noch als *Fair* eingestuft werden musste. Mit der empfohlenen konsequenten Physiotherapie zur Stärkung der Glutealmuskulatur sollte das Hinken jedoch mit großer Wahrscheinlichkeit zu beheben sein.

Das Hüftgelenk Nr. 15 gehört einer weiblichen Patientin, die ebenfalls beidseits betroffen war. Es handelt sich um das rechte Hüftgelenk, bei dessen OP die Patientin bereits 10,4 Jahre alt und somit noch einmal deutlich älter als Patientin Nr. 13 war. Das linke Hüftgelenk wurde fast 4 Jahre nach dem rechten operativ versorgt, war aber weniger stark betroffen und erhielt lediglich eine Salter-Osteotomie und keine Femurosteotomie, weswegen dieses Hüftgelenk nicht in die Studie mit eingeschlossen werden konnte. Die rechte Hüfte zeigte bei der Follow-Up-Untersuchung 4 Jahre und 3 Monate nach der OP ein geringgradiges Trendelenburg-Duchenne-Hinken und ein Verkürzungshinken bei einer Beinverkürzung von 1 cm sowie eine Einschränkung der Innenrotation auf 10°. Das Trendelenburg-Duchenne-Hinken und die Beinverkürzung lassen sich durch einen Trochanterhochstand, einen varischen projizierten CCD-Winkel von 106° und eine Verkürzung des Schenkelhalses erklären, welche die Patientin in der letzten Röntgenaufnahme zeigte.

V.2.2 Radiologische Behandlungsergebnisse

Werden die radiologischen Behandlungsergebnisse anhand der Kriterien nach Severin ausgewertet, so konnte in 16 von 22 Fällen (72,8%) ein zufriedenstellendes Ergebnis erreicht werden. Die restlichen 27,2% fallen auf fünf Hüftgelenke, die als Typ III gewertet wurden und ein Hüftgelenk, das als Typ IVa gewertet wurde.

Unterteilt man das Untersuchungsgut in unterschiedliche Altersgruppen, so ist – ähnlich wie bei den klinischen Behandlungsergebnissen zu sehen war – zu erkennen, dass die jüngeren Patienten, vor allem diejenigen mit einem OP-Alter von unter 3 Jahren, ein besseres Ergebnis zeigten. In dieser Altersgruppe zeigten alle Patienten ein zufriedenstellendes Ergebnis. In der Gruppe mit einem OP-Alter von 3 bis 6 Jahren zeigten 33,3% der Fälle ein nicht zufriedenstellendes Ergebnis, in der Gruppe mit einem OP-Alter von über 6 Jahren waren es 66,7%.

Als Severin Typ I oder II gewertete Hüftgelenke konnten in der Literatur in 45%¹²⁶ bis 100%^{2,8,89,109} der Fälle erreicht werden.^{1,4,5,82-85,87,88,90-92,118,130,131} Betrachtet man in diesen Studien den prozentualen Anteil der als Severin Typ

I und II gewerteten Fälle und bildet den Durchschnittswert, so liegt dieser bei rund 81%. Demnach ist das Ergebnis dieser Arbeit im Vergleich mit dem errechneten Durchschnittswert etwas schlechter ausgefallen. Das durchschnittliche OP-Alter liegt in den oben angegebenen Studien zwischen 1,2⁸² und 10,6⁸⁴ Jahren. Die Follow-Up Zeit liegt zwischen 2,5¹³¹ und 15,6¹²⁶ Jahren. Die Anzahl der untersuchten Hüftgelenke liegt zwischen 11¹²⁶ und 71⁸⁵.

Betrachtet man unter diesen Studien lediglich diejenigen, welche eine kürzere Follow-Up-Zeit, wie sie in der vorliegenden Untersuchung gegeben ist, aufweisen, so konnte ein Typ I oder II nach Severin in 66% bis 100% erzielt werden.^{4,5,8,82,83,89,131} Die durchschnittliche Follow-Up Zeit liegt in diesen Untersuchungen zwischen 2,5 und 4,1 Jahren. Bildet man unter diesen Untersuchungen den Durchschnittswert, so ergibt sich ein Wert von rund 84%. Auch im Vergleich mit diesen Untersuchungen schneidet die vorliegende Studie also etwas schlechter ab.

Gründe für das in einigen Fällen nicht zufriedenstellende Ergebnis liegen wahrscheinlich im hohen Operationsalter und im Auftreten von Komplikationen. Zu den sechs als nicht zufriedenstellend gewerteten Hüftgelenken gehören die vier Hüften mit dem höchsten OP-Alter. Hüfte 14 war zum OP-Zeitpunkt bereits 9,3 Jahre alt, Hüfte 15 10,4 Jahre und Hüfte 16a und 16b 12,8 beziehungsweise 13,2 Jahre. Zusätzlich traten bei zwei dieser Hüften Komplikationen auf. Im Fall von Hüfte 14 musste im weiteren Verlauf eine Trochanterdistalisierung aufgrund einer persistierenden Insuffizienz der Glutealmuskulatur bei einem Trochanterhochstand durchgeführt werden. Hüfte 16a zeigte in der letzten Beckenübersichtsaufnahme eine Subluxation des Hüftgelenkes.

Im Falle der beiden anderen Hüftgelenke 9 und 12b traten im Verlauf Reluxationen auf, im Falle von Hüfte 13b als Distensionsluxation aufgrund eines Gelenkergusses im Rahmen eines Gelenkinfektes.

Klinisch zeigten drei der als nicht zufriedenstellend gewerteten Hüftgelenke ein gutes und drei ein mäßiges Ergebnis nach den Kriterien von McKay.

V.2.2.1 AC-Winkel

Der AC-Winkel konnte durch die Operation deutlich verbessert werden. Der durchschnittliche AC-Winkel betrug präoperativ 47,32° (37° - 56°), postoperativ 28,27° (16° - 48°) und beim Follow-Up 21,70° (5° - 40°). Dies entspricht insgesamt einer mittleren Verbesserung von 25,30°. Der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben zeigte dabei statistisch signifikante Unterschiede der AC-Winkel im Vergleich zwischen den drei Untersuchungszeitpunkten. Vor der Operation zeigten alle Winkel extrem pathologische Werte. Bei der letzten Nachuntersuchung waren acht (36,4%) als

normal, vier (18,2%) als leicht pathologisch, drei (13,6%) als schwer pathologisch und drei (13,6%) als extrem pathologisch einzustufen. Die restlichen 17,4% fallen dabei auf vier Hüftgelenke, bei denen der AC-Winkel nicht ausgewertet werden konnte. In zwei Fällen war eine Messung des Winkels aufgrund der bereits verknöcherten Y-Fuge nicht mehr möglich und in den anderen zwei Fällen lagen aufgrund des hohen Patientenalters keine Normwerte vor, weswegen keine Gradeinteilung vorgenommen werden konnte.

Bei fünf Hüften (3, 12b, 13b, 16a, 16b) kam es im postoperativen Verlauf zu einer leichten Verschlechterung des Winkels. Trotz dieser leichten Verschlechterung war der AC-Winkel in diesen Fällen bei der letzten Nachuntersuchung besser als präoperativ.

Im Vergleich zwischen Patienten mit einem OP-Alter von weniger bzw. mehr als drei Jahren, als auch im Vergleich zwischen den unter und über Sechsjährigen zeigte sich in der jeweils jüngeren Gruppe eine stärkere Verbesserung des AC-Winkels von postoperativ bis zum Follow-Up. Die Verbesserung des AC-Winkels im postoperativen Verlauf durch Remodeling- beziehungsweise Wachstumsvorgänge fiel also bei der jeweils jüngeren Altersgruppe günstiger aus. Diese Unterschiede waren statistisch signifikant.

Auch die Winkelwerte an sich fielen in der jeweils jüngeren Altersgruppe beim Follow-Up besser aus, jedoch nicht statistisch signifikant.

Der mittlere präoperative AC-Winkel der Mädchen war mit $48,32^\circ$ signifikant größer als der der Jungen mit $41,00^\circ$. Außerdem lag der Wert der durchschnittlichen Veränderung des AC-Winkels zwischen der postoperativen und der Follow-Up-Untersuchung bei den weiblichen Patienten bei $-7,47^\circ$, während die männlichen mit $+3,33^\circ$ eine Verschlechterung des Winkels zeigten. Ebenso waren die einzelnen Winkelwerte der männlichen Hüftgelenke (3, 16a, 16b) beim Follow-Up schlechter als unmittelbar postoperativ. Jedoch muss an dieser Stelle erwähnt werden, dass in dieser Studie nur drei der 22 Hüftgelenke männlich waren und zwei der männlichen Hüftgelenke die beiden mit dem höchsten OP-Alter waren, wodurch Vergleiche zwischen Mädchen und Jungen eine relativ geringe Aussagekraft besitzen.

Im Vergleich zwischen Hüftgelenken mit dem Luxationsgrad 2 und 4 fand sich ein signifikanter Unterschied bezüglich des postoperativen AC-Winkels. Der mittlere postoperative AC-Winkel der Hüften mit einem Luxationsgrad 2 betrug $23,75^\circ$, während er bei den viertgradig luxierten Hüften mit $32,88^\circ$ deutlich pathologischer war. Der Winkel zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung unterschied sich zwischen diesen beiden Gruppen nicht signifikant, jedoch war er bei den Grad 4-Hüften auch zu diesem Zeitpunkt größer. Bei Betrachtung der Mittelwerte lässt sich weiterhin feststellen, dass zu allen drei Messzeitpunkten mit zunehmendem Luxationsgrad auch die Mittelwerte der

gemessenen AC-Winkel größer waren. Dies ist jedoch nicht statistisch signifikant.

Zusammenfassend lässt sich aus den Daten also ableiten, dass in dieser Untersuchung Patienten mit einem höheren OP-Alter und einem höheren Luxationsgrad etwas schlechtere Ergebnisse zeigten.

Die Ergebnisse dieser Arbeit bezüglich des prä- und postoperativen AC-Winkels decken sich weitgehend mit denen anderer Autoren, welche ebenfalls eine kombinierte „One-Stage-Prozedur“ zur Behandlung der DDH im Laufalter durchgeführt und den AC-Winkel vermessen haben (Tab. V-1). Die Studien unterscheiden sich jedoch unter anderem in den Operationsmethoden, dem OP-Alter und der Follow-Up-Zeit, was einen exakten Vergleich der Ergebnisse schwierig macht. Die in der Literatur angegebenen Mittelwerte für den AC-Winkel bei der letzten Nachuntersuchung liegen zwischen 5° und 30°. Die präoperativen Werte liegen zwischen 35,7° und 53°. Das durchschnittliche OP-Alter liegt zwischen 2,4 und 8 Jahren, die durchschnittliche Follow-Up-Zeit zwischen 2,6 und 10,5 Jahren.^{1,5,85,86,88-90}

Tab. V-1 Literaturübersicht AC-Winkel bei One-Stage-Operationen

Angaben in Winkelgrad; OP = durchgeführte Eingriffe am Becken (SIO: Salter Innominate Osteotomy; EAGA: extraarticular grafting acetabuloplasty; Dega: Dega-Osteotomie; Pemb.: Pemberton-Osteotomie; Shelf: Shelf-Prozedur); P = Patientenzahl; H = Anzahl der Hüftgelenke; OP-A = OP-Alter in Jahren; FU: Follow-Up-Zeit in Jahren;; - = keine Angabe; *Subasi et al. haben die 40 Patientin in 2 Gruppen (unilateral/bilateral) eingeteilt und kein gemeinsames Durchschnittsalter angegeben

Studie	OP	P	H	OP-A	FU	Prä-OP	Post-OP	Follow-Up
Vorliegende Dissertation	SIO	17	22	4,8 (1-13)	1,7 (1-7)	47,3	28,3	21,7
Ertürk 2011 ¹	SIO	38	49	2,6 (2-5)	5,4 (2-10)	35,7	22,5	17,0
El-Sayed 2009 ⁸⁵	SIO	55	71	2,6 (2-4)	5,3 (1-13)	41,9	20,5	16,8
Subasi 2008 ^{86*}	SIO (bilateral)	11	22	5,4 (3-9,5)	5,4 (4-8,5)	36,9	-	20,2
	SIO (unilateral)	29	29	6,7 (3,1-10)	6,7 (5-10)	38,0	-	18,9
Dogan 2005 ⁵	SIO/EAGA/Dega/Chiari	22	29	8 (3-14)	3,2 (1-5)	53,0	-	30,0
	SIO	8	12	5 (3-10)	2,6 (1-5)	48,3	-	25,5
Olney 1998 ⁸⁹	Pemb.	13	18	2,4 (1-15)	3,6 (2-7)	40,0	-	5,0
Ryan 1998 ⁸⁸	Pemb./SIO/Shelf	18	25	6,3 (3-10)	10,5 (6-17)	43,0	-	23,0
Karakas 1995 ⁹⁰	SIO	47	50	7,8 (4-17)	7,5 (2-16)	38,0	-	19,0

V.2.2.2 CE-Winkel

Der CE-Winkel lag präoperativ bei $-23,18^\circ$ ($-95^\circ - 7^\circ$) und beim Follow-Up bei $21,41^\circ$ ($0^\circ - 48^\circ$). Präoperativ zeigten 18 der 22 Hüftgelenke (81,8%) einen extrem pathologischen Wert, beim Follow-Up waren es nur noch 3 (13,6%), während 11 (50,0%) einen normalen und 6 (27,3%) einen leicht pathologischen CE-Winkel zeigten. Der Winkel konnte also insgesamt durch das gewählte Operationsverfahren deutlich verbessert werden.

Acht Hüften zeigten präoperativ einen Luxationsgrad 2 nach Tönnis, sechs einen Luxationsgrad 3 und acht einen Luxationsgrad 4. Es stellt sich die Frage inwieweit es überhaupt sinnvoll ist, im Fall eines Luxationsgrades 3 oder 4 den CE-Winkel zu messen beziehungsweise ob er in diesen Fällen aussagekräftig ist. Bei diesen Luxationsgraden liegt der Hüftkopf mindestens auf Höhe des Pfannenerkers, was bedeutet, dass eine Überdachung des Hüftkopfes, für die der CE-Winkel ein Maß darstellen soll, faktisch nicht mehr gegeben ist, unabhängig vom Ausmaß der Dysplasie des Pfannendaches. Die Aussagekraft des Winkels ist in diesen Fällen also begrenzt. Wichtig ist der CE-Winkel für die Beurteilung des Behandlungsergebnisses, also zu einem Zeitpunkt, zu dem der Hüftkopf nicht mehr luxiert ist. Im Falle des CE-Winkels besitzen also hauptsächlich der postoperativ und der beim Follow-Up gemessene Winkel sowie die Veränderung des Winkels zwischen diesen beiden Zeitpunkten eine relevante Aussagekraft.

Während sich die durchschnittlichen CE-Winkel im Vergleich zwischen präoperativer und Follow-Up-Untersuchung sowie zwischen präoperativer und postoperativer Untersuchung signifikant unterschieden, änderte sich der Winkel im postoperativen Verlauf nicht signifikant. Die signifikanten Unterschiede im Bezug zum präoperativen Winkel erklären sich durch die Tatsache, dass durch die Operation die in der Mehrzahl der Fälle vorhandene viertgradige Luxation beseitigt wurde, was eine erhebliche Änderung des CE-Winkels mit sich bringt, der bei den meisten Hüftgelenken präoperativ weit im negativen Bereich lag.

Der postoperativ gemessene mittlere CE-Winkel betrug $22,43^\circ$ ($1^\circ - 50^\circ$). Bis zur letzten Nachuntersuchung verschlechterte sich der Mittelwert leicht auf $21,41^\circ$ ($0^\circ - 48^\circ$). Der Unterschied zwischen den postoperativen und den Follow-Up-Messwerten ist jedoch nicht statistisch signifikant. Beim Follow-Up zeigten 11 der 22 Hüftgelenke (50,0%) einen normalen CE-Winkel (Grad 1) und 6 Hüften (27,3%) einen leicht pathologischen Winkel (Grad 2). Auffällig ist, dass sich unter den fünf Gelenken, die einen CE-Winkel im schwer bzw. extrem pathologischen Bereich aufwiesen, die vier Hüftgelenke mit dem höchsten OP Alter finden. Sie waren zum OP-Zeitpunkt mindestens 9 Jahre alt (Nr. 14, 15, 16a, 16b), was das etwas schlechtere Ergebnis erklären könnte. Auch der fünfte Fall (Nr. 12b) weist ein OP-Alter von immerhin schon 5,4 Jahren auf. Mit Ausnahme dieser fünf älteren Patienten lieferte die gewählte

Operationsmethode bezüglich des CE-Winkels somit ein zufriedenstellendes Ergebnis.

Die Patienten mit einem OP-Alter von unter drei Jahren zeigten zu allen drei Messzeitpunkten einen besseren Durchschnittswert, sowohl für den Winkel an sich als auch für die Veränderung zwischen den Messzeitpunkten, als die über Dreijährigen, jedoch nicht statistisch signifikant.

Ebenso im Vergleich zwischen den unter und über Sechsjährigen zeigten die jüngeren Patienten für alle Durchschnittswerte, also für die gemessenen Winkel und für die Veränderung des Winkels, ein besseres Ergebnis, mit Ausnahme des postoperativ gemessenen CE-Winkels auch statistisch signifikant.

Ertürk et al.¹ führten ebenfalls einen Vergleich zwischen unter und über Dreijährigen Patienten durch. Bei den unter Dreijährigen betrug der Mittelwert beim Follow-Up $28,1^\circ$ (0° - 40°), bei den über Dreijährigen betrug er 29° (18° - 40°). In der vorliegenden Studie lagen die Werte bei $25,40^\circ$ für die unter Dreijährigen und bei $18,08^\circ$ für die über Dreijährigen. Der Unterschied zwischen diesen beiden Altersgruppen fällt also in der vorliegenden Untersuchung deutlicher aus.

Im Vergleich zwischen männlichen und weiblichen Patienten zeigten die weiblichen deutlich bessere Ergebnisse, allerdings ist hier die Verwertbarkeit der Ergebnisse eingeschränkt, da mit nur 3 von 22 Fällen nur sehr wenige männlich waren.

Im Vergleich zwischen unilateralen und bilateralen Fällen zeigten die unilateralen Fälle mit einem Follow-Up-Wert von $28,11^\circ$ ein besseres Ergebnis, als die bilateralen mit $16,77^\circ$, dieser Unterschied war statistisch signifikant.

Im Vergleich zwischen linken und rechten Hüftgelenken zeigten die linken Hüftgelenke präoperativ einen schlechteren CE-Winkel, jedoch trotzdem ein besseres Ergebnis als die rechten Hüftgelenke. Diese Unterschiede waren jedoch ebenfalls nicht statistisch signifikant.

Im Vergleich zwischen den Fällen mit unterschiedlichen präoperativen Luxationsgraden nach Tönnis zeigte sich ein deutlicher Unterschied bezüglich der präoperativen CE-Winkel, die mit zunehmendem Luxationsgrad einen schlechteren Durchschnittswert zeigten. Die Follow-Up-Werte unterschieden sich nicht so stark. Statistische Signifikanz konnte in beiden Fällen nicht nachgewiesen werden.

Das Ergebnis dieser Arbeit bezüglich des CE-Winkels unterscheidet sich insgesamt nicht wesentlich von den Ergebnissen anderer Autoren. Diese geben

in ihren Untersuchungen Follow-Up-Winkel von 21° bis 47° an. Einen Überblick über die Ergebnisse anderer Autoren, die eine One-Stage-Therapie durchgeführt und den CE-Winkel vermessen haben, gibt Tab. V-2.

Tab. V-2 Literaturübersicht CE-Winkel bei One-Stage-Operationen

Angaben in Winkelgrad; OP = durchgeführte Eingriffe am Becken (SIO: Salter Innominate Osteotomy; EAGA: extraarticular grafting acetabuloplasty; Dega: Dega-Osteotomie; Pemb.: Pemberton-Osteotomie; Shelf: Shelf-Prozedur); P = Patientenzahl; H = Anzahl der Hüftgelenke; OP-A = OP-Alter in Jahren; FU: Follow-Up-Zeit in Jahren;; - = keine Angabe; *Subasi et al. haben die 40 Patientin in 2 Gruppen (unilateral/bilateral) eingeteilt und kein gemeinsames Durchschnittsalter angegeben

Studie	OP	P	H	OP-A	FU	Prä-OP	FU
Vorliegende Dissertation	SIO	17	22	4,8 (1-13)	1,7 (1-7)	-23,2	21,4
Ertürk 2011 ¹	SIO	38	49	2,6 (2-5)	5,4 (2-10)	-	28,6
Subasi 2008 ^{86*}	SIO (bilateral)	11	22	5,4 (3-9,5)	5,4 (4-8,5)	-	25,5
	SIO (unilateral)	29	29	6,7 (3,1-10)	6,7 (5-10)	-	28,0
Dogan 2005 ⁵	SIO/EAGA/ Dega/Chiari	22	29	8 (3-14)	3,2 (1-5)	-	36,0
Karakas 1995 ⁹⁰	SIO	47	55	7,8 (4-17)	7,5 (2-16)	-	32,0
Olney 1998 ⁸⁹	Pemb.	13	18	2,4 (1-15)	3,6 (2-7)	-17,5	47,0
Ryan 1998 ⁸⁸	Pemb./SIO/ Shelf	18	25	6,3 (3-10)	10,5 (6-17)	-	21,0

V.2.2.3 Pfannenneigungswinkel

Der Mittelwert des PNW lag vor der Operation bei $57,18^\circ$ ($47^\circ - 66^\circ$), direkt postoperativ bei $42,05^\circ$ ($29^\circ - 51^\circ$) und beim Follow-Up bei $41,86^\circ$ ($31^\circ - 56^\circ$). Präoperativ waren 15 der 22 gemessenen Winkel ($68,2\%$) als extrem pathologisch, 4 ($18,2\%$) als schwer pathologisch, 2 ($9,1\%$) als leicht pathologisch und 1 ($4,5\%$) als normal einzustufen. Beim Follow-Up lagen dann mit 20 Winkeln 91% der Werte im Normalbereich, die zwei restlichen Winkel waren als leicht pathologisch und als extrem pathologisch einzustufen. Der Pfannenneigungswinkel konnte also durch die Behandlung ebenso deutlich verbessert werden.

Der Vergleich der gemessenen Winkel zwischen verschiedenen Patientengruppen ergab keine nennenswerten Ergebnisse. Lediglich im Vergleich zwischen männlichen und weiblichen Fällen zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede. Der mittlere präoperative PNW der weiblichen Hüftgelenke war mit $58,26^\circ$ größer als der der männlichen mit $50,23^\circ$. Auch die Veränderung des Winkels im postoperativen Verlauf unterschied sich zwischen den beiden Gruppen. Während die Mädchen eine weitere Verkleinerung des Winkels um $0,83^\circ$ zeigten, vergrößerte sich der Winkel der Jungen bis zum Follow-Up wieder um $5,67^\circ$.

Leider lassen sich in der Literatur keine Arbeiten finden, die das Behandlungsergebnis mithilfe des Pfannenneigungswinkels beurteilen und deswegen zum Vergleich herangezogen werden könnten. Deswegen musste sich in der Bewertung des Ergebnisses auf die Einteilung der Winkel in normale, leicht pathologische, schwer pathologische und extrem pathologische nach dem Klassifikationssystem des Arbeitskreises für Hüftdysplasie der DGOT beschränkt werden.

V.2.2.4 ACM-Winkel

Präoperativ betrug der durchschnittliche ACM-Winkel $67,05^\circ$ ($61^\circ - 79^\circ$). Das verwendete Klassifizierungssystem des Arbeitskreises für Hüftdysplasie gibt für den ACM-Winkel nur Normwerte für Kinder ab 2 Jahren an. Deswegen konnte für sechs Hüftgelenke (1, 2, 3, 4, 5a, 5b) präoperativ keine Gradeinteilung vorgenommen werden. Allerdings liegen diese Winkel allesamt über dem Grenzwert von 60° , ab dem ein Hüftgelenk im Alter von über 2 Jahren als extrem pathologisch (Grad 4) eingestuft wird. Daher kann davon ausgegangen werden, dass es sich hierbei ebenfalls um extrem pathologische Werte handelt. Die übrigen 16 Hüftgelenke weisen präoperativ alle einen ACM-Winkel Grad 4 auf.

Postoperativ betrug der Winkel durchschnittlich $64,52^\circ$ ($56^\circ - 73^\circ$). Da der ACM-Winkel lediglich die Tiefe der Pfanne bestimmt und die durchgeführte Beckenosteotomie nach Salter das Azetabulum nicht in seiner Form, sondern nur in seiner Ausrichtung beeinflusst, ist die Tiefe der Hüftpfanne unmittelbar nach der OP anatomisch de facto unverändert. Die postoperativen Röntgenbilder wurden jedoch nicht in allen Fällen direkt nach der OP aufgenommen, sondern im Durchschnitt 6,5 Wochen postoperativ. Der Grund für die veränderten Winkelwerte nach der OP kann demnach entweder in der veränderten Stellung des Azetabulums, die sich auf die Konstruktion des Winkels im Röntgenbild auswirkt, oder im bereits einsetzenden Remodeling des Azetabulums liegen.

Der Mittelwert des ACM-Winkels beim Follow-Up betrug $60,05^\circ$ ($50^\circ - 71^\circ$). Im Gegensatz zur präoperativen Situation, in der alle Hüften einen extrem pathologischen ACM-Winkel aufwiesen, hatten nun 14 Patienten (63,6%) einen ACM-Winkel Grad 4, 5 Patienten (22,7%) einen Grad 3 und 3 Patienten (13,6%) einen Grad 2. Leider konnte also bei mehr als der Hälfte der Hüften keine Herabstufung in einen weniger pathologischen Grad erreicht werden. Weiterhin liegt zu diesem Zeitpunkt kein ACM-Winkel im Normalbereich. Eine Tendenz zu einer Vertiefung der Hüftpfannen zeichnet sich jedoch ab, da der Winkel im postoperativen Verlauf mit einer durchschnittlichen Veränderung von $4,24^\circ$ eine Verbesserung zeigt. Der postoperativ und der beim Follow-Up gemessene Wert unterschieden sich signifikant.

Im statistischen Vergleich zwischen Patientengruppen zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede zwischen unilateral und bilateral betroffenen Fällen. Der präoperativ gemessene Winkel der unilateral betroffenen Gelenke war mit $69,22^\circ$ signifikant größer als der der bilateral betroffenen. Außerdem unterschied sich die Veränderung des Winkels zwischen den Zeitpunkten präoperativ und Follow-Up ($-10,11^\circ$ bzw. $-4,85^\circ$). Die unilateral betroffenen zeigten also präoperativ einen schlechteren Winkel, sprich eine flacher ausgeprägte Pfanne, jedoch eine stärker ausfallende Korrektur des Winkels bis zur Follow-Up-Untersuchung. Der Unterschied des Winkelwerts zwischen den beiden Gruppen beim Follow-Up (unilateral: $59,11^\circ$ / bilateral: $60,69^\circ$) war jedoch nicht signifikant.

Im statistischen Vergleich zwischen den übrigen Patientengruppen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede.

Leider lassen sich in der Literatur bezüglich dieses Winkels keine Arbeiten finden, die das Behandlungsergebnis der DDH im Laufalter mithilfe des ACM-Winkels beurteilen und deswegen zum Vergleich herangezogen werden könnten. Deswegen musste sich in der Bewertung des Ergebnisses auf die Einteil-

lung der Winkel in normale, leicht pathologische, schwer pathologische und extrem pathologische nach dem Klassifikationssystem des Arbeitskreises für Hüftdysplasie der DGOT beschränken.

V.2.2.5 Instabilitätsindex nach Reimers

Die Messungen des RMI ergaben präoperativ einen Durchschnittswert von 74,53% (32,0% - 100,0%). 18 (81,8%) der Hüftgelenke wiesen dabei einen Index auf, der als Subluxation zu werten ist. Die restlichen 4 Gelenke zeigten einen Index von 100% und wurden somit als komplette Dislokation eingestuft. Bei der Follow-Up-Untersuchung befanden sich 16 Hüftgelenke (72,7%) im Normalbereich, fünf (22,7%) im Bereich zwischen Normal und Subluxation und ein Gelenk (4,5%) im Bereich der Subluxation.

Der RMI gibt ein Maß für den Grad der Überdachung des Hüftkopfes an und beurteilt außerdem, ob eine Subluxation (Bereich von 33% - 99%) oder eine Dislokation (Wert von 100%) vorliegt. Normale Werte sind im Alter bis 4 Jahre 0% und im Alter von 4-16 Jahren 0-10%

Sämtliche Hüftgelenke, für die ein RMI im Normalbereich gemessen wurde, zeigten im Follow-Up-Röntgenbild keine radiologischen Anzeichen für eine Subluxation oder Instabilität des Hüftgelenkes.

Es lagen fünf Hüftgelenke (Nr. 5a, 8b, 12b, 15, 16b) mit einem RMI außerhalb des Normalbereiches vor, die aber noch nicht in den Bereich der Subluxation fielen. Zwei von diesen Hüftgelenken (Nr. 5a, 8b) zeigten sich in der Beckenübersichtsaufnahme beim Follow-Up jedoch gut zentriert und zeigten sowohl bezüglich der radiologischen Kriterien nach Severin – Hüfte Nr. 5a wurde als Grad IIb und Hüfte Nr. 8b als Grad IIa gewertet – als auch bezüglich der klinischen Kriterien nach McKay - Hüfte Nr. 5a wurde als Good und Hüfte Nr. 8b als Excellent gewertet – ein zufriedenstellendes Behandlungsergebnis.

Im Fall von Hüftgelenk Nr. 12b zeigt sich der Hüftkopf in der Follow-Up-Röntgen-Aufnahme weiter kranial und lateral gelegen als der gut zentrierte kontralaterale Hüftkopf (Nr. 12a). Die Shenton-Ménard-Linie kann jedoch als intakt bezeichnet werden, insofern liegt hier keine manifeste Subluxation vor. Die Reluxation und der Gelenkinfekt, die in diesem Fall postoperativ aufgetreten waren könnten auf das im Vergleich zur Gegenseite schlechtere Ergebnis einen Einfluss gehabt haben. Dieser Fall wurde als Grad III nach Severin und Fair nach McKay bewertet, zeigte also weder radiologisch, noch klinisch ein zufriedenstellendes Ergebnis.

Das Hüftgelenk Nr. 15 zeigt im aktuellsten Röntgenbild eine sehr flach ausgebildete Pfanne und eine Lateralisierung des Hüftkopfes, obwohl sich eine manifeste Subluxation radiologisch nicht zeigt. Nach Severin und McKay wurde

das Behandlungsergebnis als Grad III beziehungsweise *Fair* gewertet. Fall Nr. 16b zeigt eine Lateralisierung des Hüftkopfes bei einer steil und flach ausgebildeten Pfanne, jedoch intakter Shenton-Menard-Linie. Das klinische Ergebnis ist mit einer Einstufung von Good nach McKay zufriedenstellend, nicht jedoch das radiologische mit einem Grad III nach Severin.

Das einzige Hüftgelenk, welches zum Zeitpunkt des Follow-Up eine MP zeigte, die als Subluxation gewertet werden musste, war das Gelenk nur 16a. Hier zeigt sich in der Tat eine Subluxation mit einer unterbrochenen Menard-Shenton-Linie und einer steilen Hüftpfanne. Dieses Hüftgelenk war das einzige, welches – aufgrund der manifesten Subluxation – nach den Severin-Kriterien als Grad IV bewertet wurde. Das klinische Ergebnis nach McKay war mit der Wertung Good zufriedenstellend.

Zusammengefasst lässt sich feststellen, dass in dieser Untersuchung die Hüftgelenke mit einem RMI im Normalbereich keine weiteren radiologischen Hinweise auf eine Subluxation zeigten. Das einzige Hüftgelenk mit einem RMI im Bereich der Subluxation zeigte in der Tat radiologisch eine Subluxation mit einer deutlichen Unterbrechung der Shenton-Ménard-Linie. Von den restlichen fünf Fällen, die bezüglich des gemessenen Wertes im Bereich zwischen Normal und Subluxation lagen, zeigten drei radiologisch keine manifeste Subluxation, wiesen aber eine Lateralisationstendenz des Femurkopfes auf. Zwei stellten sich im Röntgenbild gut zentriert dar, ohne Anzeichen für eine Subluxation.

Der RMI spiegelte demnach im Normalbereich und im Bereich der Subluxation zuverlässig wieder, ob es sich um ein subluxiertes Hüftgelenk handelt, oder nicht. Jedoch muss an dieser Stelle erwähnt werden, dass nur ein Hüftgelenk mit einem RMI im Bereich von 33%-99% vorlag. Im dem Bereich zwischen Normal und Subluxation zeigten zwei Hüftgelenke keine Hinweise auf eine Subluxation, drei jedoch eine Lateralisationstendenz des Hüftkopfes. In diesem Bereich konnte der RMI in dieser Untersuchung also keine genaue Aussage zum Zustand des Hüftgelenkes treffen. Wie die Werte in diesem Bereich zu beurteilen sind, ist von Reimers auch nicht beschrieben worden. Der RMI reicht also als alleiniger Parameter zur Beurteilung, ob es sich um eine normale, subluxierte oder luxierte Hüfte handelt, nicht aus.

V.2.2.6 CCD-Winkel

Die Stellung des proximalen Femurs erfährt in der Wachstumsperiode eine umwegige Entwicklung und weist eine außerordentlich große Schwankungsbreite auf. Deswegen ist die Abgrenzung pathologischer Formen problematisch.^{14,44} Bei der Beurteilung der gemessenen CCD-Winkel ergeben sich wei-

tere Probleme. Zum einen war es lediglich möglich, den projizierten CCD-Winkel in der Beckenübersichtsaufnahme zu messen. Da der Wert dieses Winkels durch den Grad der Ante- bzw. Retrotorsion des Schenkelhalses beeinflusst wird, ist ein Vergleich zwischen verschiedenen Hüftgelenken schwierig. Dazu kommt, dass die exakte Durchführung der Konstruktion des Winkels nach Müller¹⁸ bei kindlichen dysplastischen Hüftgelenken nicht möglich ist, da der Hüftkopf noch nicht vollständig entwickelt ist.

Zur Bestimmung des reellen CCD-Winkels hätten von den Hüftgelenken zusätzlich Röntgenaufnahmen nach Rippstein¹³³ zur Ermittlung des projizierten Antetorsionswinkels angefertigt werden müssen. Aus den projizierten AT- und CCD-Winkeln hätten dann mithilfe der Umrechnungstabellen von Müller die reellen CCD-Winkel abgelesen werden können.^{14,114}

Da für den projizierten CCD-Winkel kein Klassifikationssystem wie für die anderen untersuchten Winkel existiert, konnte für diesen Winkel keine Einteilung in pathologische Grade vorgenommen werden. Es musste sich daher auf eine Darstellung der Messergebnisse und einen Vergleich der Werte zwischen den Untersuchungszeitpunkten und verschiedenen Patientengruppen beschränkt werden.

Präoperativ betrug der Mittelwert des CCD-Winkels 138,77° (127° - 177°), postoperativ 107,55° (90° - 141°) und zum Zeitpunkt des Follow-Up 108,05° (90° - 144°). Die präoperativ und die postoperativ gemessenen, sowie die präoperativ und die beim Follow-Up gemessenen Winkel unterschieden sich signifikant voneinander. Dies ist auch an dem deutlichen Unterschied zwischen den Mittelwerten zu erkennen und durch die in allen Fällen durchgeführte operative Varisation des Schenkelhalses zu erklären. Zwischen den postoperativ und den beim Follow-Up gemessenen Winkeln zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied. Das bedeutet, dass die beispielsweise von Fritsch et al.⁷⁶ beobachtete Revalgisierung des Schenkelhalses nicht stattfand. Fritsch et al. untersuchten anhand von 101 schwer dysplastischen Hüftgelenken, welche mittels einer IDVO und einer Azetabuloplastik behandelt wurden, unter anderem die Entwicklung des projizierten CCD-Winkels im postoperativen Verlauf. Sie maßen einen CCD-Winkel von präoperativ 143° (104° - 168°), postoperativ 112° (94° - 130°) und beim Follow-Up 129° (90° - 158°). Die im postoperativen Verlauf beobachtete spontane Revalgisierung betrug 17,9° (-8° - 50°). In dieser Untersuchung zeigte sich lediglich eine postoperative Vergrößerung von im Durchschnitt 0,50° (-10° - 19°). Die Untersuchung von Fritsch et al. weist jedoch mit 8,8 Jahren (2,8 - 20,6 Jahre) im Vergleich zu dieser Untersuchung mit 20,0 Monaten (8,7 - 83,5 Monate) eine deutlich längere Follow-Up Zeit auf.

Im Vergleich der Fälle mit einem OP-Alter von unter und über sechs Jahren zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede bezüglich der beim Follow-

Up gemessenen Werte und der Veränderung der Werte zwischen den Zeitpunkten präoperativ und Follow-Up. Die unter Sechsjährigen zeigten beim Follow-Up einen durchschnittlichen Winkel von $102,94^\circ$, die über Sechsjährigen von $121,67^\circ$. Die oben genannte Veränderung des Winkels lag im Fall der jüngeren bei $-34,69^\circ$ und im Fall der Älteren bei $-20,17^\circ$. (Tab. IV-134 bis 136)

Bei der Betrachtung der Unterschiede zwischen den beiden Gruppen ohne Berücksichtigung der statistischen Signifikanz fällt folgendes auf: Die Fälle mit einem höheren OP-Alter wiesen zu allen drei Messzeitpunkten einen höheren durchschnittlichen CCD-Winkel auf, zeigten jedoch sowohl im Zeitraum präoperativ/Follow-Up, also auch im Zeitraum Prä-OP bis Post-OP eine geringer ausfallende Verkleinerung, also Varisierung des Winkels. Das bedeutet, dass obwohl bei den älteren Patienten der Schenkelhals im Durchschnitt valgischer war, die durch die Operation erzeugte Varisierung geringer ausfiel. Da das Ausmaß der Varisierung intraoperativ festgelegt wurde – und zwar in Abhängigkeit davon, mit welchem Grad der Varisierung die stabilsten Gelenkverhältnisse geschaffen werden konnten, kann man daraus schließen, dass bei den älteren Patienten eine geringere Varisierung nötig war. Einschränkend bezüglich dieser Interpretation ist dabei zu berücksichtigen, dass es sich wie erwähnt um einen projizierten Winkel handelt, dessen Wert abhängig vom Grad der Schenkelhalsanteversion ist, die durch die Operation ebenfalls in unterschiedlichem Maß geändert wurde. Außerdem zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede lediglich bezüglich der zwei anfangs genannten Messwerte.

Im postoperativen Verlauf ergab sich im Fall der älteren Patienten sogar eine durchschnittliche Zunahme, also Valgisierung des Winkels um $3,83^\circ$, während die jüngeren eine diskrete Abnahme von $-0,75^\circ$ zeigten (jeweils nicht statistisch signifikant), obwohl man, geht man von einem mit zunehmendem Alter abnehmenden Wachstums- und Remodellierungspotential aus, eher das Gegenteil annehmen müsste. Die Erklärung hierfür könnte darin liegen, dass die Follow-Up-Zeit bei den Patienten mit einem OP-Alter von über sechs Jahren bei 39,1 Monaten und bei denen mit einem OP-Alter von unter sechs Jahren bei 12,8 Monaten lag. Die Entfernung der Winkelplatte wurde jedoch in allen Fällen ungefähr ein Jahr postoperativ durchgeführt. Es ist anzunehmen, dass in diesem Zeitraum, also bei einliegender Winkelplatte, vermutlich keine wesentliche Revalgisierung erfolgen kann.

Im Vergleich zwischen Hüftgelenken mit einem Luxationsgrad Tönnis 2 und Tönnis 4 unterschieden sich die prä- ($147,00^\circ$ bzw. $131,00^\circ$) und postoperativen Winkel ($116,00^\circ$ bzw. $99,13^\circ$) signifikant.

Im Vergleich zwischen Hüftgelenken mit den Luxationsgraden 3 und 4 war

dies bei den präoperativ ($138,17^\circ$ bzw. $131,00^\circ$) und bei den zuletzt gemessenen Winkeln ($111,33^\circ$ bzw. $98,35^\circ$) der Fall.

Insgesamt betrachtet, ohne Berücksichtigung der statistischen Signifikanz, nahmen die Durchschnittswerte des CCD-Winkels zu allen drei Zeitpunkten mit zunehmendem Luxationsgrad ab. Im Schnitt zeigten also die Schenkelhäuse eine stärker ausgeprägte Varusstellung, je höher der präoperative Grad der Luxation war.

Hingegen zeigte sich hinsichtlich der Veränderung des Winkels kein so deutliches Muster, es lagen auch keine statistisch signifikanten Unterschiede vor.

V.2.3 Komplikationen

Postoperative Komplikationen traten in dieser Untersuchung bei sechs Hüftgelenken auf. In drei Fällen (13,6%) kam es zu einer Reluxation des Hüftgelenkes (8b, 9, 12b). In zwei Fällen (9,1%) kam es zu einem tiefen Wund- bzw. Gelenkinfekt (6, 12b). Der Gelenkinfekt führte dabei eine der drei Reluxationen als Distensionsluxation herbei. In einem Fall (4,5%) musste im Verlauf eine Distalisierung des Trochanter major durchgeführt werden (14). In einem weiteren Fall zeigte das Hüftgelenk bei der Follow-Up-Untersuchung eine Subluxation (16a).

Bis zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung konnte keine Hüftkopfnekrose festgestellt und somit bezüglich dieser häufigen Komplikation ein sehr gutes Ergebnis erzielt werden. In der Literatur werden Hüftkopfnekroseraten von 3%³ bis 63,3%⁹¹ angegeben.^{1-5,8,69,82-92} Beschränkt man sich auf einen Vergleich mit Studien, die wie die hier vorliegende die Frühergebnisse nach der operativen Therapie untersuchen, also eine relativ kurze Follow-Up-Zeit aufweisen, so liegen die Hüftkopfnekroseraten zwischen 3,3% und 13,8%.^{4,5,8,82,83,89,131}

Reluxationsraten werden in der Literatur mit 0% bis 12% angegeben.^{1-5,8,69,82-92,109,121,126,130,131} Hier konnten wir mit einer Rate von 13,6% ein weniger gutes Ergebnis erzielen. Zwei der drei aufgetretenen Reluxationen waren durch eine strukturell bedingte Instabilität des Hüftgelenkes bedingt, eine wurde durch den Gelenkerguss im Rahmen eines postoperativen Gelenkinfektes verursacht.

Im Fall von Patientin Nr. 8 handelt es sich um ein arabisches Mädchen mit beidseitiger hoher Hüftluxation Grad 4 nach Tönnis, welches im Alter von zweieinhalb Jahren zunächst am rechten und etwa 3 Wochen später am linken Hüftgelenk operiert wurde. Bei einer Folgeuntersuchung etwa zwei Monate nach der linken Hüfte zeigte sich das linke Hüftgelenk in der Beckenübersichtsaufnahme luxiert, sodass eine operative Revision im Sinne einer offenen Reposition und einer erneuten intertrochantären Femurosteotomie (derotierend und flektierend) durchgeführt werden musste. Intraoperativ hatte sich eine dorsale Instabilität des Hüftgelenkes gezeigt. Diese hatte sich während der initialen Operation nicht gezeigt, der Hüftkopf saß damals bei der intraoperativen Stabilitätskontrolle sicher in der Pfanne. Die weitere Behandlung mit einem Becken-Bein-Gips und nachfolgend einer Hoffmann-Daimler-Schiene verlief dann komplikationslos. Bei der letzten Nachuntersuchung zeigte das Hüftgelenk klinisch ein exzellentes Ergebnis nach den Kriterien von McKay. Radiologisch zeigte die Hüfte ein zufriedenstellendes Ergebnis mit einem Typ IIa nach Severin.

Im Fall von Patientin Nr. 9 kam es bedauerlicherweise zu zwei Reluxationen. Die Patientin wurde im Alter von 3,3 Jahren aufgrund einer Hüftluxation Grad 4 nach Tönnis auf der linken Seite operativ behandelt. Im Rahmen einer Nachkontrolle etwa vier Monate postoperativ wurde dann die erste Reluxation diagnostiziert, die mit einer offenen Reposition und einer derotierenden, flektierenden Femurosteotomie behandelt wurde. Sechs Wochen später stellte sich dann bei der Abnahme des Becken-Bein-Gipses heraus, dass die Hüfte erneut luxiert war. Nun wurde eine nochmalige offene Reposition und zusätzlich eine modifizierte Dega-Plastik in der Technik nach Rejholec^{109,121} vorgenommen. Intraoperativ zeigte sich der Hüftkopf nach dorsal luxiert. Die Orientierung der Pfanne stellte sich als gut dar, jedoch zeigte sich im dorsalen Bereich der Pfanne eine hundeohrartige Auswulzung für die Instabilität verantwortlich. Mittels der Azetabuloplastik konnte eine bessere Sicherung des Hüftkopfes in der Pfanne erreicht werden. Außerdem wurde der Hüftkopf mithilfe eines transartikulären Kirschner-Drahtes in der Pfanne für vier Tage fixiert. Nach der Operation erhielt die Patientin sechs Wochen lang einen Becken-Bein-Gips und darauffolgend für drei Monate eine Brown-Forrester-Schiene. Bei der Patientin zeigte sich im Rahmen der letzten Nachuntersuchung 2 Jahre und 5 Monate nach der initialen OP klinisch ein mäßiges Ergebnis nach McKay und radiologisch ein Grad III nach Severin.

In diesen beiden eben beschriebenen Fällen lag also eine dorsale Instabilität des Hüftgelenkes vor, die bereits von Salter als Fallstrick dieser Operationsmethode beschrieben wurde. Obwohl dieses Problem also bekannt ist, war es in diesen zwei Fällen trotz intraoperativer Überprüfung der Gelenkstabilität nicht möglich eine Reluxation zu verhindern.

Im Fall von Hüftgelenk Nr. 13b wurde eine Reluxation durch den Gelenkerguss bei einer Infektion des Gelenkes verursacht. Die Patientin hatte beidseits eine Hüftluxation Grad 4 nach Tönnis und wurde im Alter von etwas über 5 Jahren im Abstand von sechs Wochen zunächst auf der linken und nachfolgend auf der rechten Seite operiert. Postoperativ kam es im rechten Hüftgelenk zu einer bakteriellen Infektion, die im Verlauf zweimalig operativ behandelt werden musste. Im Rahmen der zweiten operativen Gelenkspülung wurde dann die Distensionsluxation diagnostiziert. Die Hüfte konnte jedoch ohne Probleme reponiert werden, der Hüftkopf wurde zwei Wochen lang mittels eines transartikulären Kirschnerdrahtes fixiert. In der Folge heilte der Infekt problemlos aus und die Patientin konnte ohne Komplikationen mit einem Becken-Bein-Gips und nachfolgend einer Hoffmann-Daimler-Schiene weiterbehandelt werden. In diesem Fall handelt es sich demnach nicht um eine Reluxation aufgrund einer anatomisch bedingten Instabilität wie im Fall der Gelenke Nr. 8b und 9.

Im Fall des Hüftgelenkes Nr. 6, bei dem im Verlauf ein tiefer Wundinfekt aufgetreten war, handelt es sich um eine Patientin mit einer Hüftluxation Grad 4 nach Tönnis auf der linken Seite, die bei der Operation etwa 2 Jahr alt war. Postoperativ zeigte die Patientin im stationären Verlauf rezidivierendes Fieber. Es wurde die Indikation zur operativen Wundrevision gestellt. Eine Gelenkinfektion lag nicht vor und auch der intraoperative Befund stellte sich makroskopisch unauffällig dar. Es wurde jedoch mikrobiologisch eine Besiedelung der Wunde mit E. Coli nachgewiesen. Die Infektion konnte mit einer Antibiotikatherapie ohne Probleme behandelt werden. Die weitere Behandlung der Patientin verlief komplikationslos.

Im Fall von Hüftgelenk Nr. 14, bei dem im Verlauf eine Folge-Operation notwendig war, handelt es sich um eine Patientin mit einer Hüftluxation Typ 4 nach Tönnis auf der linken Seite, die zum OP-Zeitpunkt bereits 9,3 Jahre alt war. Etwa fünfeinhalb Jahre nach der initialen operativen Therapie stellten wir die Indikation zur Durchführung einer Trochanterdistalisierung. Die Patientin wies eine persistierende Insuffizienz der Glutealmuskulatur auf, im Röntgenbild zeigte sich ein CCD-Winkel von 94° und ein Trochanterhochstand. Die alternativ ebenfalls mögliche Valgisation des Schenkelhalses führten wir nicht durch, da dieses Vorgehen wahrscheinlich die Gelenkkongruenz verschlechtert hätte.

Bei Hüftgelenk Nr. 16a handelt es sich um das linke Hüftgelenk eines bilateral betroffenen Patienten, der bei der Operation bereits fast 13 Jahre alt war. Bei diesem Patienten lag beidseits eine Hüftluxation Grad 2 nach Tönnis vor. Im Rahmen der letzten Nachuntersuchung etwas mehr als drei Jahre nach der Operation zeigt sich in der Beckenübersichtsaufnahme eine leichte Subluxation des linken Hüftgelenkes mit einer unterbrochenen Shenton-Ménard-Linie bei einem gut zentrierten rechten Hüftgelenk. Der Patient hat jedoch auch auf der rechten Seite ein Überdachungsdefizit mit einem CE-Winkel von 10° und einem Instabilitätsindex nach Reimers von 28%. Klinisch lag zu diesem Zeitpunkt bei dem Patienten beidseits ein gutes Ergebnis nach McKay vor. Der Patient hatte keinerlei Schmerzen und keine Beinlängendifferenz, betreibt regelmäßig Sport und zeigt ein normales Gangbild. Lediglich die Flexion war in beiden Hüftgelenken auf etwa 100° eingeschränkt.

V.2.4 Darstellung ausgewählter Fälle

V.2.4.1 Patient Nr. 3



Abb. V-1 Beckenübersicht Patient Nr. 3: präoperativ

Rechts liegt eine Hüftluxation Grad 2 nach Tönnis vor. Der AC-Winkel beträgt hier 45°. Links zeigt sich eine Hüftdysplasie ohne Luxation mit einem AC-Winkel von 29°.

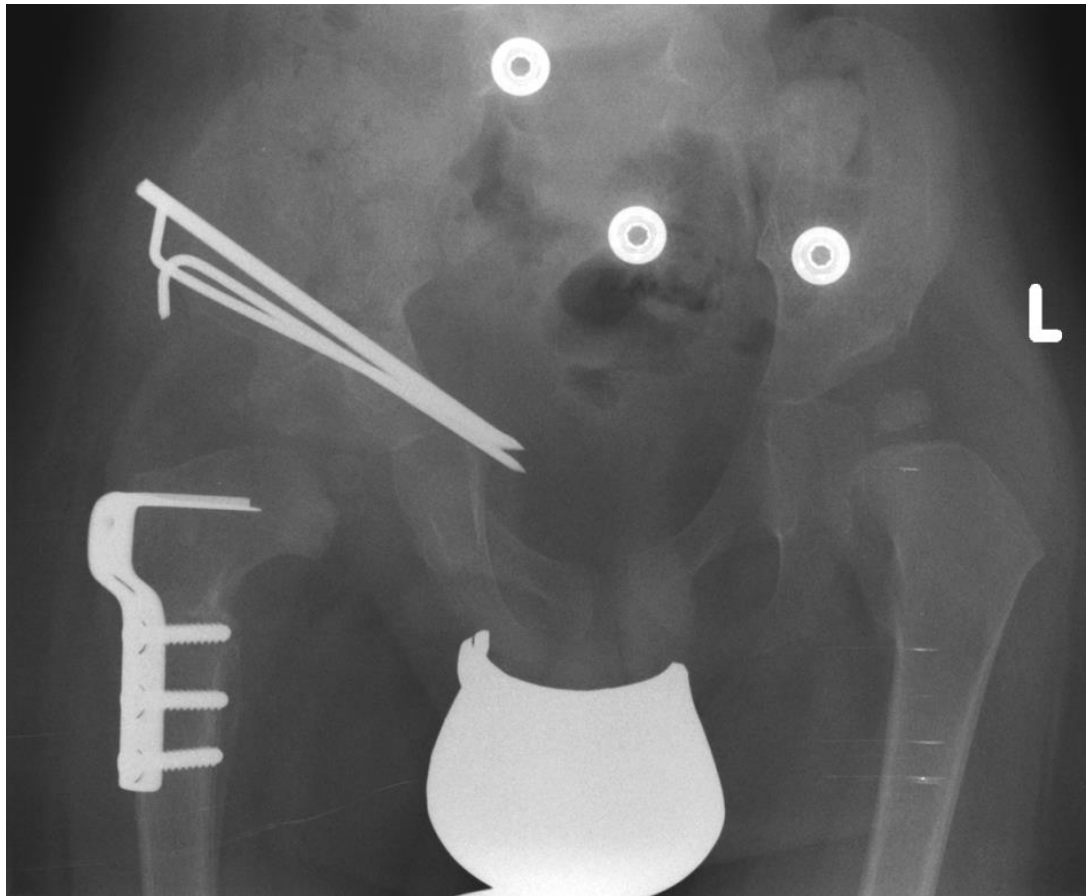


Abb. V-2 Beckenübersicht Patient Nr. 3: sechs Wochen postoperativ

Die Aufnahme wurde vor der Entfernung der Kirschner-Drähte angefertigt. Der rechte Hüftkopf steht gut zentriert in der Hüftpfanne.



Abb. V-3 Beckenübersicht Patient Nr. 3: Follow-Up-Untersuchung 10,4 Monate postoperativ

Der rechte Hüftkopf ist gut zentriert und gut überdacht. Es zeigt sich noch eine deutliche Varusstellung mit einem projizierten CCD-Winkel von 90° . Das Acetabulum ist mit einem AC-Winkel von 31° noch dysplastisch.

Bei diesem Patienten wurde sowohl klinisch, als auch radiologisch ein zufriedenstellendes Ergebnis erreicht (*Excellent* nach McKay und Typ IIb nach Severin). Der Patient wurde das erste Mal im Alter von 1 Jahr und 7 Monaten von seinen Eltern in der Kinderambulanz des Klinikums Großhadern vorgestellt, da diesen seit dem Laufbeginn des Jungen ein Hinken aufgefallen war. Bei der klinischen Untersuchung zeigte sich ein rechtsseitiges Trendelenburg-Duchenne-Hinken, sowie zusätzlich eine Verkürzung des rechten Beines um 1 cm und eine rechtsseitige Abspreizhemmung. Im Röntgenbild (Abb. V-1) zeigte sich beidseits eine Hüft dysplasie, jedoch war, wie nach der klinischen Untersuchung anzunehmen, nur die rechte Hüfte luxiert. Nach Tönnis lag eine Luxation Grad 2 vor. Der AC-Winkel betrug rechts 45° , während die Dysplasie auf der linken Seite mit einem AC-Winkel von 29° geringer ausgeprägt war.

Zwei Wochen nach der Erstvorstellung des Jungen wurde die Operation auf die übliche Weise komplikationslos durchgeführt. Das Ausmaß der Derotation und der Varisation des Femurs betrug jeweils 30° . Am siebten postoperativen

Tag kam es bei dem Patienten zu Fieber und einem Anstieg der Entzündungsparameter bei stets reizlosen Wundverhältnissen. Dieses Infektgeschehen war unter einer Antibiotikatherapie jedoch schnell rückläufig.

Bei der Verlaufskontrolle 2 Wochen nach der OP zeigte der Patient keine Schmerzen, kein Fieber sowie unauffällige Hautverhältnisse und eine normale Motorik.

6 Wochen postoperativ (Abb. V-2) konnten der Becken-Bein-Gips und die Salter-Stäbe komplikationslos entfernt werden.

Ungefähr 1 Jahr postoperativ erfolgte die Entfernung der Winkelplatte aus dem Femur. Bei der klinischen Untersuchung zeigte sich ein exzellentes Ergebnis. Es bestanden keine Anzeichen für Schmerzen und der Patient zeigte ein normales Gangbild sowie eine normale Gelenkbeweglichkeit.

Das radiologische Ergebnis etwas weniger als 1 Jahr postoperativ fiel gut aus (Abb. V-3). Da der CE-Winkel nur 18° betrug, wurde das Hüftgelenk nach Severin als Typ IIb eingeordnet. Der Hüftkopf saß gut zentriert in der Hüftpfanne, wies jedoch noch eine deutliche Varusstellung mit einem projizierten CCD-Winkel von 90° auf. Außerdem zeigte das Azetabulum trotz einer guten Hüftkopfüberdachung noch eine dysplastische Form. Diese spiegelt sich auch in den gemessenen Werten für den AC-Winkel (31° , Grad 3 nach dem Klassifizierungssystem des AKH der DGOT) und den ACM-Winkel (64° , Grad 4 nach dem Klassifizierungssystem des AKH der DGOT) wieder. Der Pfannenneigungswinkel hingegen vermaß sich mit 48° normal.

V.2.4.2 Patientin Nr. 6



Abb. V-4 Beckenübersicht Patientin Nr. 6: präoperativ

Links liegt eine Hüftluxation Grad 2 nach Tönnis vor. Der AC-Winkel beträgt 49°. Das rechte Hüftgelenk ist normal ausgebildet.

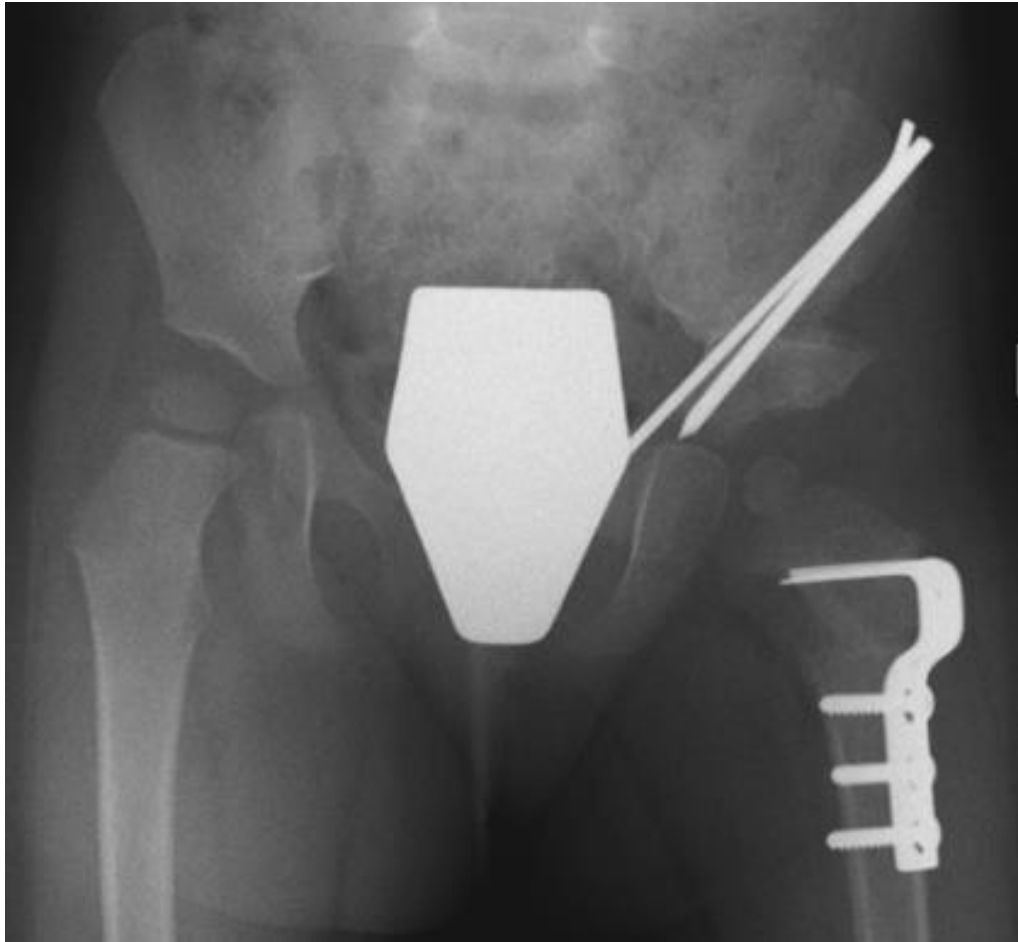


Abb. V-5 Beckenübersicht Patientin Nr. 6: sechs Wochen postoperativ

Die Aufnahme wurde vor der Entfernung der Kirschner-Drähte angefertigt. Der linke Hüftkopf steht gut zentriert in der Hüftpfanne.

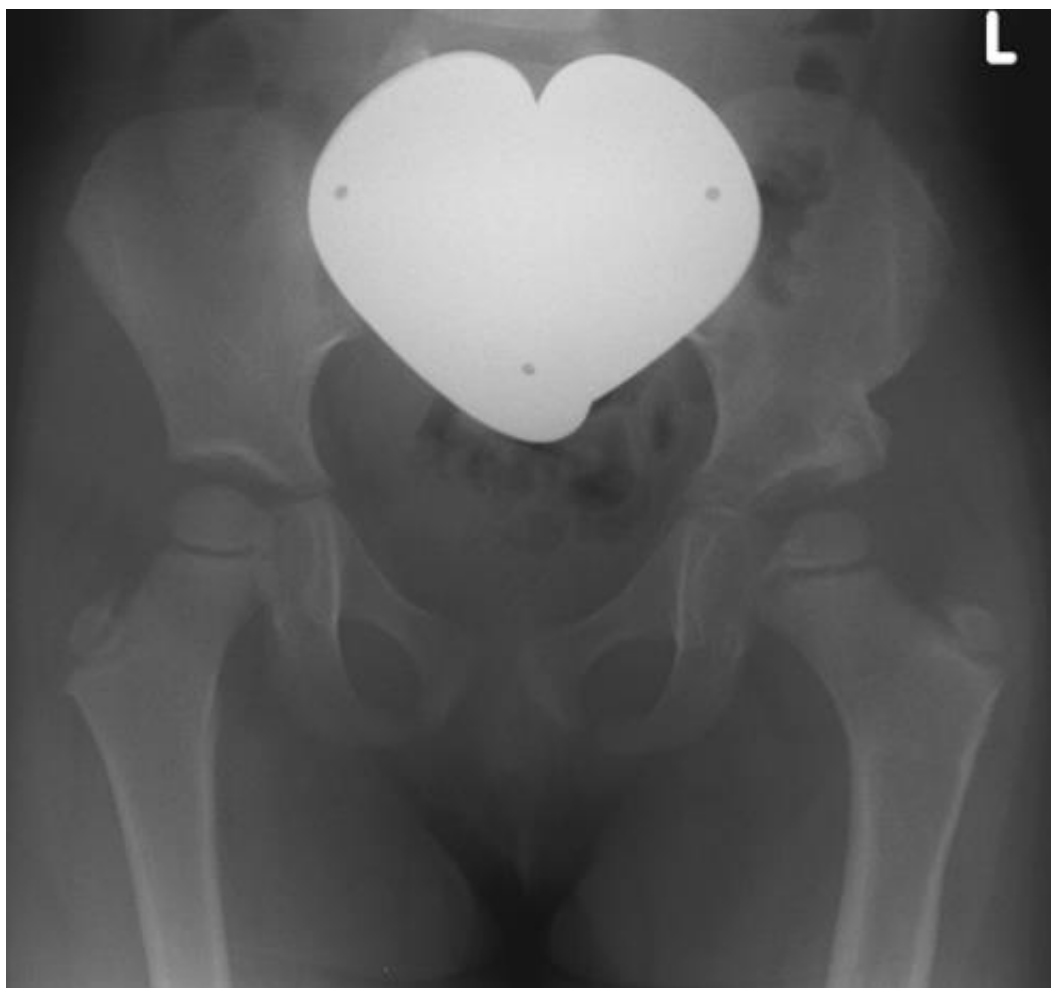


Abb. V-6 Beckenübersicht Patientin Nr. 6: Follow-Up-Untersuchung 24,6 Monate postoperativ

Links zeigt sich radiologisch ein sehr zufriedenstellendes Ergebnis. Der Hüftkopf ist gut zentriert und gut überdacht. Vom Aspekt her kommt der Befund einem normalen Hüftgelenk nahe.

Bei dieser Patientin, die präoperativ (Abb. V-4) eine Hüftluxation zweiten Grades nach Tönnis aufwies, konnte ein sehr zufriedenstellendes Ergebnis erreicht werden, obwohl es im postoperativen Verlauf zu einem tiefen Wundinfekt kam.

Die Operation wurde bei dem Mädchen im Alter von 1 Jahr und 11 Monaten komplikationslos durchgeführt (Abb. V-5). Das Ausmaß der Varisation betrug 30° und das der Derotation 20°. Am 6. Postoperativen Tag wurde die Indikation zur Revision und Wundspülung gestellt, da bei dem Mädchen postoperativ rezidivierend erhöhte Temperatur bei reizlosen Wundverhältnissen gemessen worden war. Intraoperativ zeigte sich zwar ein unauffälliger Befund, jedoch konnte in der mikrobiologischen Untersuchung E. Coli nachgewiesen werden.

Unter einer angepassten Antibiotika-Therapie war das Fieber schnell rückläufig und die Patientin konnte 3 Wochen nach der Primär-OP entlassen werden.

Im weiteren Verlauf kam es zu keinen weiteren ernsthaften Komplikationen. Lediglich der hygienische Umgang der Eltern mit dem nach der OP angelegten Gips war nicht optimal, sodass es zu Hautreizungen und einer Candida-Infektion im Bereich der linken Leiste kam, die sich nach der Entfernung des Gipses aber gut behandeln ließen.

Bei der klinischen Kontrolle nach ungefähr einem Jahr zeigte sich ein sehr zufriedenstellendes Ergebnis. Die Patientin gab keine Schmerzen an, zeigte ein normales Gangbild, keine Beinlängendifferenz und eine fast uneingeschränkte Beweglichkeit des Hüftgelenkes. Die Patientin konnte auch sportliche und spielerische Tätigkeiten uneingeschränkt durchführen. Lediglich eine diskrete Abspreizhemmung sorgte dafür, dass das klinische Ergebnis nach McKay nur als *Good* und nicht als *Excellent* eingestuft werden konnte.

Das radiologische Ergebnis nach ca. 2 Jahren ist ebenfalls sehr zufriedenstellend (Abb. V-6). Das Hüftgelenk kommt radiologisch einem Normalbefund schon sehr nahe mit einem schön ausgebildeten Azetabulum und einem gut überdachten und zentrierten Hüftkopf. Dies zeigt sich auch in den gemessenen Parametern. Der AC-Winkel mit 19° , der CE-Winkel mit 30° und der Pfannenneigungswinkel mit 46° liegen nach dem Bewertungsschema der DGOT allesamt im Normalbereich. Der Hüftkopf ist mit einem Instabilitätsindex nach Reimers von 0% komplett überdacht. Das präoperativ sehr flach ausgebildete Azetabulum hat im Laufe eines Jahres ein sehr gutes Remodeling erfahren und zeigt mit einem ACM-Winkel von 54° (Normalwert $<50^\circ$) einen nur leicht pathologischen Wert. Vor der Therapie war dieser mit 69° als schwer pathologisch einzustufen.

V.2.4.3 Patientin Nr. 8



Abb. V-7 Beckenübersicht Patientin Nr. 8: präoperativ

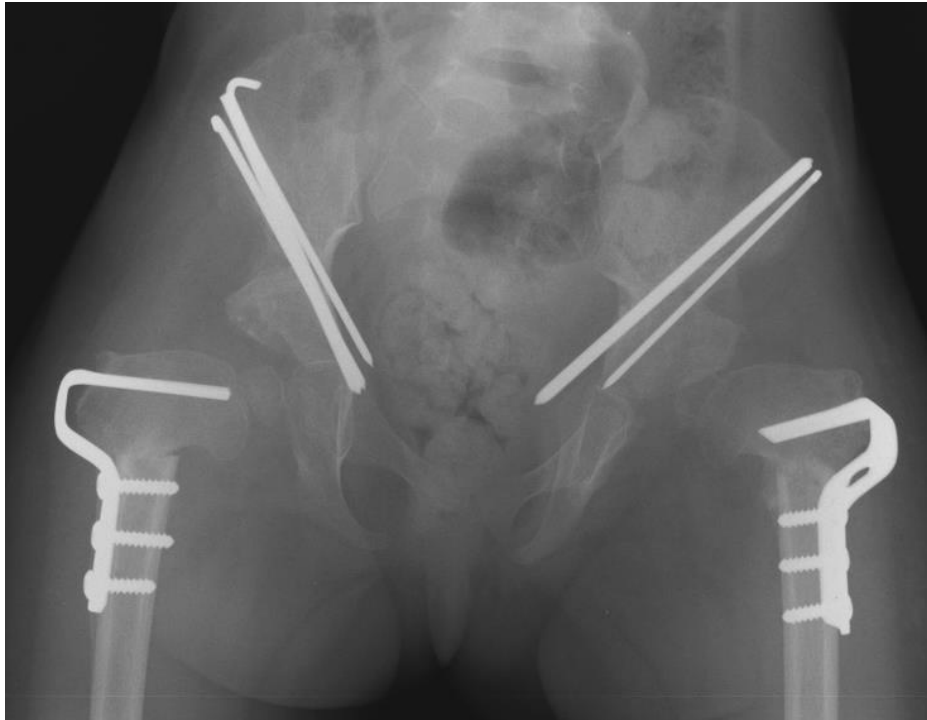


Abb. V-8 Beckenübersicht Patientin Nr. 8: acht Wochen postoperativ (rechtes Hüftgelenk) und sechs Wochen postoperativ (linkes Hüftgelenk)

Die Aufnahme wurde vor der Entfernung der Kirschner-Drähte angefertigt. Das rechte Hüftgelenk ist besser zentriert als das linke.



Abb. V-9 Beckenübersicht Patientin Nr. 8: Follow-Up-Untersuchung 13,6 Monate postoperative (rechts) und 12,9 Monate postoperative (links)

Beide Hüftköpfe sind gut zentriert und gut überdacht bei noch deutlicher Varusstellung der Schenkelhalse.

Die aus Arabien stammende Patientin wurde das erste Mal im Alter von zweieinhalb Jahren vorgestellt. Bei der klinischen Untersuchung zeigten sich ein Watschelang, eine Verkürzung des rechten Beines um 1 cm, ein erhebliches Hohlkreuz, sowie eine stark ausgeprägte Atrophie der Glutealmuskulatur. Im Röntgenbild (Abb. V-7) zeigten sich beide Hüftgelenke hoch luxiert (Grad 4 nach Tönnis) mit extremen Steilpfannen (AC-Winkel rechts 53°, links 49°).

Zunächst wurde das rechte Hüftgelenk operativ versorgt. Das proximale Femur wurde um 30° variiert, um 40° derotiert und um 1 cm verkürzt. Der perioperative Verlauf gestaltete sich komplikationslos. Ungefähr drei Wochen später wurde das linke Hüftgelenk operiert. Hier betrugen die Ausmaße der Varisation und Derotation ebenfalls 30° und 40°. Außerdem wurde eine Verkürzung um 0,5cm durchgeführt. Postoperativ traten bis auf ein kurzzeitiges Fieber, welches mit einer Antibiotikatherapie problemlos therapiert werden konnte, keine Komplikationen auf. Die Wunde war stets reizlos.

Wie gewohnt konnten ca. 6 Wochen nach der zweiten Operation der Becken-Bein-Gips abgenommen und die Kirschner-Drähte entfernt werden. Mit der

Mobilisierung des Mädchens wurde zwar begonnen, jedoch drängten die Eltern auf eine frühzeitige Entlassung.

Ungefähr zwei Wochen später stellte sich bei einer ambulanten Vorstellung das linke Bein verkürzt dar. Im Röntgenbild konnte eine Reluxation des linken Hüftgelenkes festgestellt werden. Hierauf wurde die Indikation zur Revisionsoperation gestellt. Durch eine erneute offene Reposition sowie eine nochmalige intertrochantäre Femurosteotomie mit einer Derotation von 20° und einer Flexion von 30° konnte eine sichere Hüftkopfzentrierung erreicht werden. Der peri- und postoperative Verlauf gestaltete sich komplikationslos. Es wurde erneut ein Becken-Bein-Gips angelegt.

Nach weiteren 6 Wochen konnte der Gips entfernt werden. In der Röntgenkontrolle zeigten sich beidseits gut zentrierte Hüftgelenke. Bei kompliziertem Verlauf bezüglich des linken Hüftgelenkes legten wir für 3 Monate eine Hoffmann-Daimler-Schiene an. Die krankengymnastische Mobilisierung der Patientin konnte leider nicht durchgeführt werden, da die Familie aus persönlichen Gründen die Klinik frühzeitig verlassen wollte. Die Familie reiste dann einige Tage später zurück in das Heimatland, da sie während der Rehabilitationsphase nicht in Deutschland bleiben wollte. Sie wurde über die Wichtigkeit der Hoffmann-Daimler-Schiene und der konsequenten Krankengymnastik aufgeklärt.

Etwa drei Monate später wurde vom heimatnah behandelnden Orthopäden berichtet, dass sich nach Abnahme der Schiene eine „stadienadaptiert normale“ Beweglichkeit der Hüftgelenke, sowie ein noch vorhandener Watschelgang und ein Verkürzungshinken auf der linken Seite zeigte. Die Patientin stellte sich dann etwa 2 Jahre postoperativ erneut zur Entfernung der Winkelplatten vor. Diese konnten ohne Probleme entfernt werden.

In der aktuellsten verfügbaren Beckenübersichtsaufnahme (Abb. V-9) zeigte sich ein zufriedenstellender Befund mit beidseits gut überdachten und zentrierten Hüftgelenken mit noch vorhandenen Varusstellungen der Schenkelhalse ohne Anzeichen für eine Hüftkopfnekrose. Bei der letzten klinischen Nachuntersuchung der Patientin – etwa dreieinhalb Jahre nach den Primäroperationen – zeigte das Mädchen ein nahezu normales Gangbild ohne Trendelenburg-Duchenne-Hinken mit einem im Seitenvergleich rechts leicht außenrotiertem Bein. Es lag keine Beinlängendifferenz vor. Die Beweglichkeit der Hüftgelenke zeigte einen sehr zufriedenstellenden Befund, wobei sich links eine vermehrte Außenrotationsfähigkeit bei verminderter Innenrotationsfähigkeit zeigte.

V.2.4.4 Patientin Nr. 9



Abb. V-10 Beckenübersicht Patientin Nr. 9: präoperativ

Links zeigt sich eine hohe Hüftluxation Grad 4 nach Tönnis mit einem AC-Winkel von 49°.

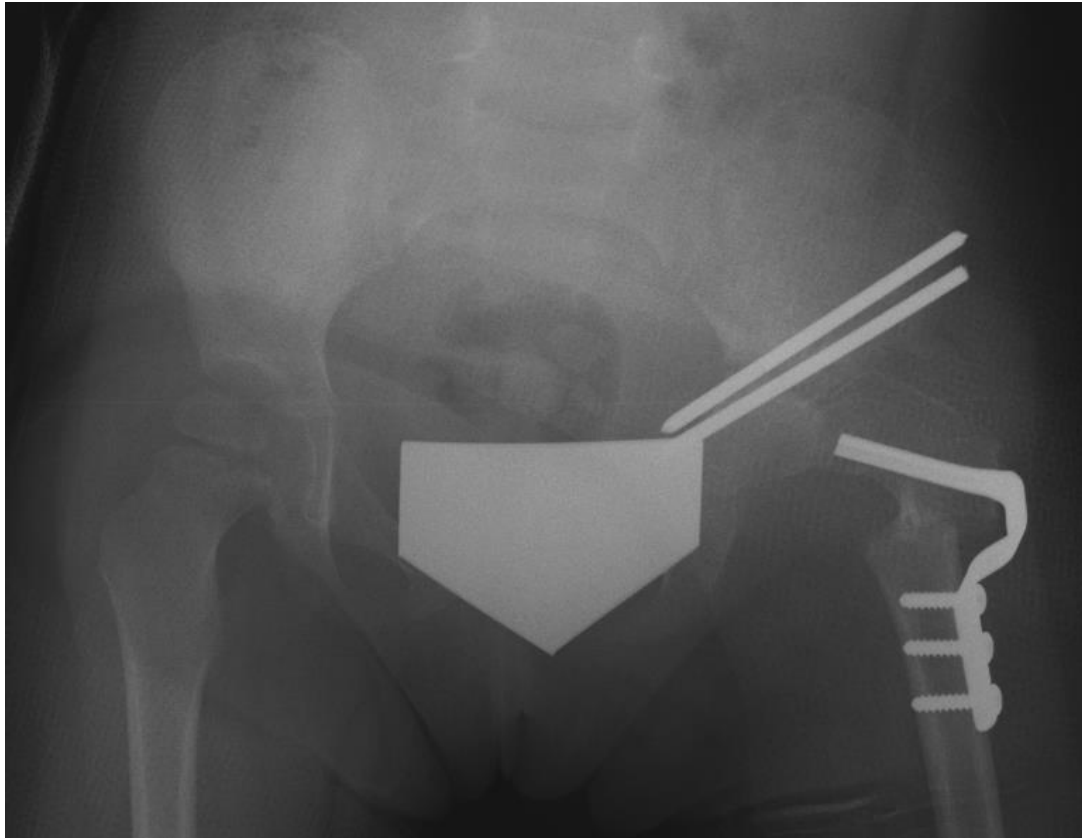


Abb. V-11 Beckenübersicht Patientin Nr. 9: sechs Wochen postoperativ
Das linke Hüftgelenk ist vollständig luxiert.

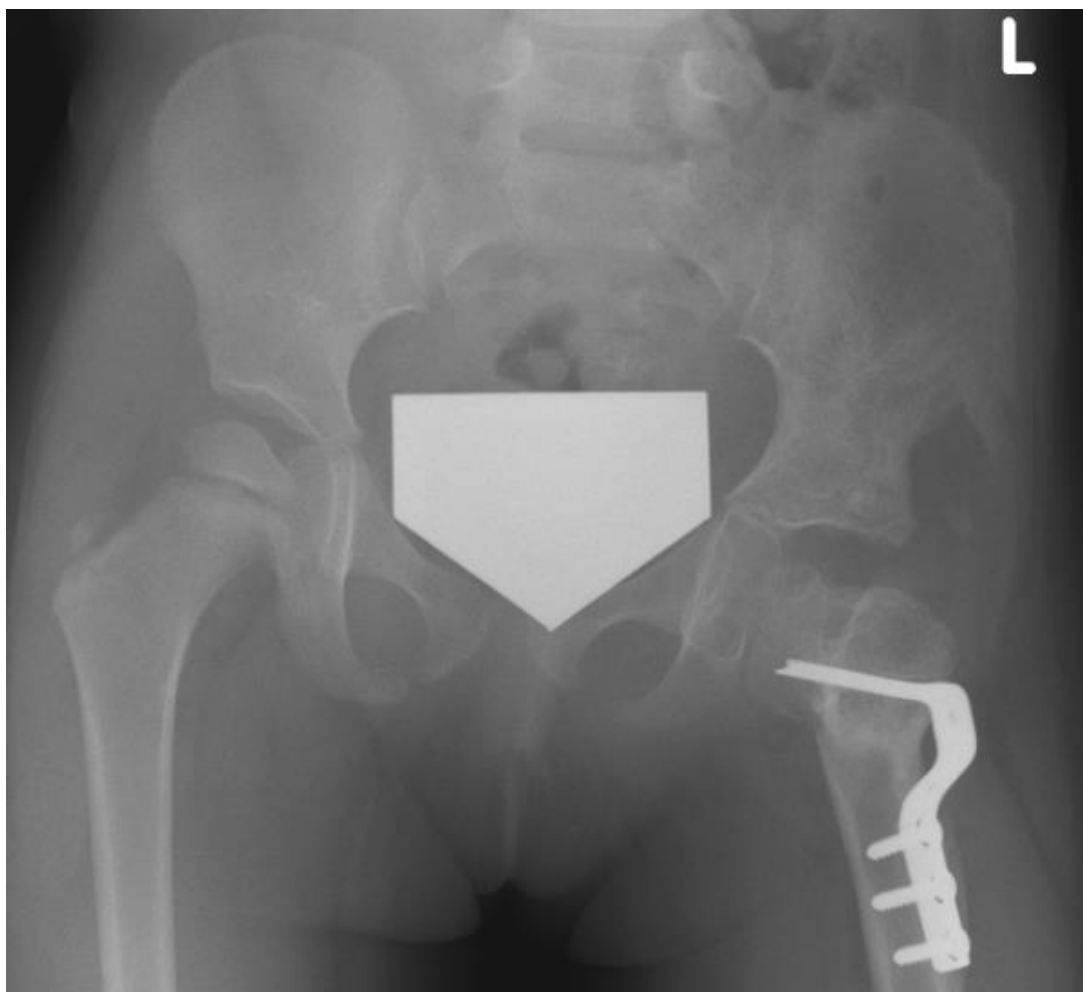


Abb. V-12 Beckenübersicht Patientin Nr. 9: vier Monate nach der zweiten Revisionsoperation

Der linke Hüftkopf ist gut zentriert und gut überdacht.



Abb. V-13 Beckenübersicht Patientin Nr. 9: Follow Up 16,8 Monate nach der Primär-Operation

Der linke Hüftkopf ist nach wie vor gut zentriert und gut überdacht. Jedoch stellt sich das Hüftgelenk noch deutlich dysplastisch dar.

Im Falle dieser Patientin kam es bedauerlicherweise im postoperativen Verlauf zu zwei Reluxationen. Es handelt sich hierbei sicherlich um den Fall mit dem ungünstigsten Verlauf.

Die Patientin wurde von ihren Eltern das erste Mal im Alter von 3 Jahren und 3 Monaten vorgestellt. Der Grund für die Vorstellung war ein Hinken, welches den Eltern aufgefallen war. Die Patientin war in Deutschland geboren worden und hatte das sonographische Hüftscreening durchlaufen. Hierbei war ein Normalbefund festgestellt worden.

In der klinischen Untersuchung zeigten sich links eine Verkürzung des Beines um 3 cm, eine Abspreizhemmung im Hüftgelenk, sowie ein Verkürzungs-Duchenne-Hinken. In der angefertigten Beckenübersichtsaufnahme (Abb. V-10) bestätigte sich die Diagnose einer hohen Hüftluxation Grad 4 nach Tönnis mit einem AC-Winkel von 49°.

Die Operation konnte komplikationslos durchgeführt werden. Intraoperativ zeigte das Femur eine Antetorsion von ca. 35-40°. Durch eine Derotation von 30° und eine Varisation von 25° sowie die Salter-Osteotomie konnte eine gute Stabilität des reponierten Gelenkes erreicht werden. Lediglich bei maximaler Abduktion und Außenrotation neigte der Hüftkopf intraoperativ zur Luxation nach ventral und lateral. Direkt nach der OP wurde ein Becken-Bein-Gips mit einer 30°-Beugung im Knie- und Hüftgelenk angelegt.

6 Wochen postoperativ zeigte sich in der Beckenübersichtsaufnahme (Abb. V-11) eine Reluxation des linken Hüftgelenks. Diese wurde jedoch bedauerlicherweise zu diesem Zeitpunkt übersehen. Der Gips wurde abgenommen und die Kirschner-Drähte aus dem Beckenknochen entfernt.

Bei einer Verlaufskontrolle drei Monate postoperativ wurde die Reluxation des Hüftgelenks diagnostiziert. Es erfolgte am nächsten Tag die operative Revision. Durch eine nochmalige intertrochantäre Femurosteotomie mit Optimierung der Femurrotation und einer zusätzlichen flektierenden Einstellung konnten die Gelenkverhältnisse verbessert werden.

Etwa viereinhalb Monate postoperativ wurde eine zweite Reluxation des Hüftgelenkes diagnostiziert. Es wurde die Indikation zur wiederholten Revisionsoperation gestellt. Jetzt wurde zusätzlich eine modifizierte Dega-Plastik in der Technik nach Rejholec^{109,121} vorgenommen und das Gelenk temporär mit einem transartikulären Kirschnerdraht fixiert. Der Kirschnerdraht wurde nach fünf Tagen wieder entfernt und die Patientin konnte mit einem angelegten Becken-Bein-Gips nach Hause entlassen werden.

Sechs Wochen postoperativ wurde der Gips abgenommen und es erfolgte die Anpassung einer Brown-Forrester-Schiene mit der Empfehlung, diese für 3 Monate zu tragen.

Elf Monate nach der Primäroperation wurde die in das Femur eingebrachte Winkelplatte entfernt.

Zwei Jahre und fünfeinhalb Monate nach der Primäroperation erfolgte die bis dato letzte Vorstellung der Patientin zur Verlaufskontrolle. Bei der klinischen Untersuchung stellte sich das linke Bein bei einer Abduktions-Außenrotationskontraktur 2 cm länger als das rechte dar. Das Gangbild war unauffällig, die Bewegungsausmaße des linken Hüftgelenkes waren jedoch im Vergleich zur Gegenseite mäßig eingeschränkt (Flexion/Extension links: 95/0/10°, rechts: 140/0/20°; IRO/ARO links: 5/0/10°, rechts: 60/0/80°; Abduktion/Adduktion links: 35/0/5°, rechts: 45/0/35°). Die Bewegungsausmaße der Kniegelenke stellten sich regelrecht dar. Die Patientin gab keinerlei Schmer-

zen an. Das klinische Ergebnis ist aufgrund des mehr als nur diskret eingeschränkten Bewegungsumfanges nach McKay als *Fair* zu bewerten.

In der aktuellsten Beckenübersichtsaufnahme (Abb. V-13) zeigte sich folgender Befund: Der CCD-Winkel ist aufgrund der Deformität des Hüftkopfes schwer beurteilbar, mutet aber im Vergleich zu Voruntersuchungen aufgrund der Umstellungsosteotomie relativ stark varisch an. Es zeigt sich eine zunehmende Ossifikation der Femurepiphyse. Der Kopf rundet sich weiter ab, konsolidiert sich und steht tief eingestellt in der Hüftpfanne. Die Form des Azetabulums verbessert sich und bildet eine runde, zum Kopf kongruente Form aus. Der AC-Winkel beträgt 5° , der CE-Winkel 48° , der ACM-Winkel 50° , der Pfannenneigungswinkel 36° , und der Instabilitätsindex nach Reimers bei einem vollständig überdachten Hüftkopf 0%. Es liegt also weder eine Luxation noch eine Subluxation vor und der CE-Winkel misst deutlich mehr als 19° . Da sich das Hüftgelenk im Röntgenbild jedoch noch deutlich dysplastisch im Sinne von deformiert darstellt, wurde es als Severin III gewertet.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Ergebnis in Anbetracht der Schwere des ursprünglichen Befundes und der Anzahl der nötigen Revisionsoperationen erfreulich ist. Die Patienten zeigt ein normales Gangbild, hat keine Schmerzen und kommt im Alltag sehr gut zurecht. Radiologisch zeigt sich ein positiver Verlauf mit zunehmender Gelenkkongruenz. Zur Verbesserung der Beweglichkeit des Hüftgelenkes erhält die Patientin eine Physiotherapie.

VI. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Ziel dieser Dissertation war es, die klinischen und radiologischen Frühergebnisse nach operativer Hüftgelenksrekonstruktion mittels kombinierter offener Hüftreposition, Beckenosteotomie nach Salter und intertrochantärer Umstellungsosteotomie bei im Laufalter diagnostizierter kongenitaler Hüftluxation darzustellen und zu bewerten. Es sollte gezeigt werden, dass eine deutliche Verbesserung der pathologischen klinischen und radiologischen Befunde erreicht und gleichzeitig die Komplikationsrate, besonders bezüglich der Hüftkopfnekrose und der Reluxation, gering gehalten werden konnte.

Hierzu wurden retrospektiv 22 Hüftgelenke von 16 Patienten untersucht, die im Zeitraum von 2004 bis 2011 am Campus Großhadern des Klinikums der Universität München mittels der genannten Operationsmethode behandelt wurden. Das durchschnittliche Operationsalter lag bei 4,8 Jahren (1,3 – 13,2 Jahre), die durchschnittliche klinische Follow-Up-Zeit bei 22,1 Monaten (3,1 – 83,5 Monate) und die durchschnittliche radiologische Follow-Up-Zeit bei 20,0 Monaten (8,7 – 83,5 Monate). Das Operationsergebnis wurde anhand von vier klinischen Parametern, sechs radiologischen Parametern und fünf häufigen postoperativen Komplikationen erfasst und anhand von etablierten Klassifikationssystemen und Beurteilungskriterien bewertet.

Hierbei wurden die folgenden Ergebnisse ermittelt:

1. Nach den Kriterien von McKay konnte in 77,3% der Fälle ein zufriedenstellendes klinisches Ergebnis (*Excellent* oder *Good*) erreicht werden. Sämtliche Fälle mit einem Operationsalter von unter drei Jahren zeigten ein zufriedenstellendes Ergebnis (20,0% *Excellent*, 80,0% *Good*). Bei einem Operationsalter zwischen drei und sechs Jahren zeigten zwei Drittel der Fälle ein zufriedenstellendes Ergebnis (66,7% *Good*, 33,3% *Fair*). Fälle mit einem Operationsalter von über sechs Jahren zeigten lediglich in der Hälfte der Fälle ein zufriedenstellendes Ergebnis (50,0% *Good*, 50,0% *Fair*). Dieses Ergebnis ist im Vergleich mit ähnlichen Untersuchungen geringfügig schlechter.
2. Nach den Kriterien von Severin wurde in 72,8% der Fälle ein zufriedenstellendes radiologisches Ergebnis (Typ Ia/b oder Typ IIa/b) erreicht. Hierbei zeigten bei einem Operationsalter von unter drei Jahren ebenfalls sämtliche Fälle ein zufriedenstellendes Ergebnis (70,0% Typ IIa, 30,0% Typ IIb). Bei einem Operationsalter zwischen drei und sechs Jahren zeigten zwei Drittel der Fälle ein zufriedenstellendes Ergebnis (50,0% Typ IIa, 16,7% Typ IIb, 33,3% Typ III). Fälle mit einem Operationsalter von über sechs Jahren zeigten lediglich in einem Drittel der Fälle ein zufriedenstellendes Ergebnis (33,3% Typ IIb, 50,0% Typ III,

- 16,7% Typ IVa). Dieses Ergebnis ist im Vergleich mit ähnlichen Untersuchungen ebenfalls geringfügig schlechter.
3. Der AC-Winkel als Maß für die Steilheit des Pfannendaches konnte von 47,3° (37,0°-56,0°) präoperativ auf 21,7° (5,0°-40,0°) beim Follow-Up verbessert werden.
 4. Der Pfannenneigungswinkel als Maß für die Steilheit der gesamten Hüftpfanne konnte von 57,2° (47,0°-66,0°) präoperativ auf 41,9° (31,0°-56,0°) beim Follow-Up verbessert werden.
 5. Der ACM-Winkel als Maß für die Tiefe der Hüftpfanne konnte von 67,1° (61,0°-79,0°) präoperativ auf 60,1° (50,0°-71,0°) beim Follow-Up verbessert werden.
 6. Der CE-Winkel und der Instabilitätsindex nach Reimers als Maße für die Hüftkopfbzentrierung konnten ebenfalls deutlich verbessert werden. Der CE-Winkel betrug präoperativ -23,2° (-95,0°-7,0°) und beim Follow-Up 21,4° (0,0°-48,0°). Der Instabilitätsindex nach Reimers zeigte präoperativ in sämtlichen Fällen (100,0%) eine Subluxation (81,8%) oder Luxation (18,2%) an, beim Follow-Up zeigte lediglich ein Fall (4,5%) eine Subluxation, während 16 Fälle (72,7%) im Normalbereich und fünf Fälle (22,7%) im Bereich zwischen Normal und Subluxation lagen.
 7. In keinem der Fälle (0,0%) trat postoperativ eine Hüftkopfnekrose auf. In drei Fällen (13,6%) kam es postoperativ zu einer Reluxation. Eine Subluxation trat im Verlauf in einem Fall (4,5%) auf. Zu einem Wundinfekt kam es in zwei Fällen (9,1%). Eine Revisionsoperation, die nicht aufgrund einer Reluxation durchgeführt wurde, wurde in einem Fall (4,5%) durchgeführt.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse dieser Arbeit, dass die gewählte Operationstechnik bei einem Operationsalter von unter drei Jahren eine gute Methode zur Behandlung der im Laufalter diagnostizierten kongenitalen Hüftluxation mit einem niedrigen Risiko für das Auftreten einer Hüftkopfnekrose darstellt. Anhand der Ergebnisse wird aber auch deutlich, dass ab einem Operationsalter von sechs Jahren mit einer erhöhten Rate von Reluxationen und zunehmend unbefriedigenden klinischen und radiologischen Ergebnissen zu rechnen ist und diese Behandlungsmethode daher ab diesem Alter möglichst nicht mehr angewendet werden sollte. Um Reluxationen zu vermeiden ist im Rahmen der Operation besonders darauf zu achten, dass keine Instabilität im Bereich des dorsalen Hüftgelenks erzeugt wird.

VII. Literaturverzeichnis

1. Erturk C, Altay MA, Yarimpapuc R, Koruk I, Isikan UE. One-stage treatment of developmental dysplasia of the hip in untreated children from two to five years old. A comparative study. *Acta Orthop Belg.* 2011;77(4):464-471.
2. Vallamshetla VR, Mughal E, O'Hara JN. Congenital dislocation of the hip. A re-appraisal of the upper age limit for treatment. *J Bone Joint Surg Br.* 2006;88(8):1076-1081.
3. Dimitriou JK, Cavadias AX. One-stage surgical procedure for congenital dislocation of the hip in older children. Long-term results. *Clin Orthop Relat Res.* 1989(246):30-38.
4. Galpin RD, Roach JW, Wenger DR, Herring JA, Birch JG. One-stage treatment of congenital dislocation of the hip in older children, including femoral shortening. *J Bone Joint Surg Am.* 1989;71(5):734-741.
5. Dogan M, Bozkurt M, Sesen H, Yildirim H. One-stage treatment of congenital severely dislocated hips in older children through various acetabuloplasty techniques: 22 children followed for 1-5 years. *Acta Orthop.* 2005;76(2):212-219.
6. Huang SC, Wang JH. A comparative study of nonoperative versus operative treatment of developmental dysplasia of the hip in patients of walking age. *J Pediatr Orthop.* 1997;17(2):181-188.
7. Zionts LE, MacEwen GD. Treatment of congenital dislocation of the hip in children between the ages of one and three years. *J Bone Joint Surg Am.* 1986;68(6):829-846.
8. Salter RB. Innominate Osteotomy in the Treatment of Congenital Dislocation and Subluxation of the Hip. *Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume.* 1961;43B(3):518-539.
9. Benninghoff A. *Anatomie makroskopische Anatomie, Embryologie und Histologie des Menschen.* Vol [17. Aufl.]. München [u.a.]: Urban & Fischer; 2008.
10. Tachdjian MO. Congenital Dysplasia of the Hip. *Pediatric orthopedics.* Vol 1. 2nd ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 1990:297-312.
11. Hefti F. *Kinderorthopädie in der Praxis.* 2., erweiterte und vollständig überarbeitete Auflage ed. Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag Heidelberg; 2006.

12. Von Lanz T. Anatomische und entwicklungsgeschichtliche Probleme am Hüftgelenk. Verh Dtsch Orthop Ges 37. Kongress 1949. *Z Orthop (Beilagenheft)*. 1950;79:7-40.
13. von Lanz T, Lang J, Wachsmuth W. *Praktische Anatomie, Erster Band, Viertes Teil: Bein und Statik*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York; 1972.
14. Tönnis D. *Die angeborene Hüftdysplasie und Hüftluxation im Kindes- und Erwachsenenalter*. Berlin Heidelberg New York Tokyo: Springer-Verlag; 1984.
15. Ullmann K. Zur Frage der röntgenologischen Beurteilung des knöchernen Pfannendaches mit weiteren Ergebnissen der Röntgenstammbaum-Forschung. *Verhandlungen der Deutschen Orthopädischen Gesellschaft*. 1939;33.
16. Sharp IK. ACETABULAR DYSPLASIA: The Acetabular Angle. *Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume*. 1961;43-B(2):268-272.
17. Weinstein SL, Mubarak SJ, Wenger DR. Developmental hip dysplasia and dislocation: Part I. *Instr Course Lect*. 2004;53:523-530.
18. Müller ME. *Die hüftnahen Femurosteotomien: Unter Berücks. d. Form, Funktion u. Beanspruchung d. Hüftgelenkes*. Thieme; 1957.
19. Niethard FU, Carstens C. *Kinderorthopädie*. 2., aktualisierte und erw. Aufl. ed. Stuttgart [u.a.]: Thieme; 2010.
20. Watanabe RS. Embryology of the human hip. *Clin Orthop Relat Res*. 1974(98):8-26.
21. Ponseti IV. Growth and development of the acetabulum in the normal child. Anatomical, histological, and roentgenographic studies. *J Bone Joint Surg Am*. 1978;60(5):575-585.
22. Kummer B. Die Beanspruchung der Gelenke, dargestellt am Beispiel des menschlichen Hüftgelenkes, 55. Paper presented at: DGOT Kongreß, Kassel. Enke, Stuttgart 1969.
23. Roesler H, Hamacher P. Die biostatische Analyse der Belastung des Hüftgelenkes, II. Teil. *Z Orthop*. 1972;110:186-196.
24. Roesler H, Hamacher P. Die biostatische Analyse der Belastung des Hüftgelenkes. I. Teil. *Zeitschrift für Orthopädie*. 1972;110(67):II.
25. Legal H. *Biomechanische Analyse des Hüftgelenks: ein Beitrag mit besonderer Berücksichtigung der Druckberechnung und der klinischen Anwendung* 1977.

26. Pauwels F. *Der Schenkelhalsbruch: ein mechanisches Problem: Grundlagen des Heilungsvorganges, Prognose und Kausale Therapie*. 1935.
27. Amtmann E, Kummer B. Die Beanspruchung des menschlichen Hüftgelenks. *Zeitschrift für Anatomie und Entwicklungsgeschichte*. 1968;127(4):286-314.
28. Denham R. Hip mechanics. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*. 1959;41:550.
29. Inman VT. Functional aspects of the abductor muscles of the hip. *The Journal of Bone & Joint Surgery*. 1947;29(3):607-619.
30. Fick A. Statische Betrachtungen der Muskeln des Oberschenkels. *Z Rat Med*. 1850;9:94.
31. Debrunner H. Studien zur Biomechanik des Hüftgelenkes I. Ein neues Modell für die Berechnung der Hüftbelastung. *Z. Orthop*. 1975;113:377-388.
32. Pauwels F. *Gesammelte Abhandlungen zur Biomechanik des Bewegungsapparates*. Berlin: Springer; 1965.
33. Pauwels F. *Atlas zur Biomechanik der gesunden und kranken Hüfte: Prinzipien, Technik und Resultate einer kausalen Therapie*. Springer-Verlag; 1973.
34. Fischer O. Der Gang des Menschen, II. Teil: Die Bewegung des Gesamtschwerpunktes und die äusseren Kräfte. *Abh. Kgl. sächs. Ges. Wiss. math.-phys. Kl.* 1899;25:1-163.
35. Hamacher P, Roesler H. [Results of calculations on the size and direction of resultant hip-joint forces for the individual case]. *Arch Orthop Unfallchir*. 1972;72(1):94-106.
36. Cochran GVB. *Orthopädische Biomechanik*. Vol 51. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag; 1988.
37. Pauwels F. Eine neue Theorie über den Einfluß mechanischer Reize auf die Differenzierung der Stützgewebe. *Zeitschrift für Anatomie und Entwicklungsgeschichte*. 1960;121(6):478-515.
38. Wiberg G. Study on Dysplastic Acetabula and Congenital Subluxation of the Hip Joint. With Special Reference to the Complication of Osteoarthritis. *Acta Chirurgica Scandinavica*. 1939(Suppl. 58).
39. Weinstein SLV. Developmental Hip Dysplasia and Dislocation. In: Morrissy RT, Weinstein SLV, eds. *Lovell and Winter's Pediatric Orthopaedics*. Vol 2. 4th ed. Philadelphia, PA: Lippincott-Raven; 1996:903-950.
40. Sewell MD, Rosendahl K, Eastwood DM. Developmental dysplasia of the hip. *BMJ*. 2009;339:b4454.

41. Dezateux C, Rosendahl K. Developmental dysplasia of the hip. *Lancet*. 2007;369(9572):1541-1552.
42. Ortolani M. Congenital hip dysplasia in the light of early and very early diagnosis. *Clin Orthop Relat Res*. 1976(119):6-10.
43. Bernbeck R, Dahmen G. *Kinder-Orthopädie*. 3 ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 1983.
44. Schlegel KFP, E. Dysplasie und sogenannte angeborene Hüftluxation. In: Witt ANR, H.; Schlegel, K.F., ed. *Orthopädie in Praxis und Klinik*. Vol 7. 2 ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 1987.
45. Putti V. *Anatomia della lussazione congenita dell'anca*. L. Cappelli; 1935.
46. Tonniss D. [Roentgen studies and arthrography of the hip joint in infancy]. *Orthopade*. 1997;26(1):49-58.
47. Bracken J, Tran T, Ditchfield M. Developmental dysplasia of the hip: controversies and current concepts. *Journal of paediatrics and child health*. 2012;48(11):963-972; quiz 972-963.
48. Clinical Practice Guideline: Early Detection of Developmental Dysplasia of the Hip. *Pediatrics*. 2000;105.
49. Leck I. Congenital dislocation of the hip. In: Wald N, Leck I, eds. *Antenatal and neonatal screening*. 2 ed. Oxford: Oxford University Press; 2000.
50. Badgley CE. Etiology of congenital dislocation of the hip : Carl E. Badgley MD (1893-1973). The 11th president of the AAOS 1942. *Clin Orthop Relat Res*. 2008;466(1):90-103.
51. Badgley CE. Etiology of congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am*. 1949;31A(2):341-356.
52. Seringe R, Bonnet JC, Katti E. Pathogeny and natural history of congenital dislocation of the hip. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research : OTSR*. 2014.
53. de Hundt M, Vlemmix F, Bais JM, et al. Risk factors for developmental dysplasia of the hip: a meta-analysis. *European journal of obstetrics, gynecology, and reproductive biology*. 2012;165(1):8-17.
54. Ortiz-Neira CL, Paolucci EO, Donnon T. A meta-analysis of common risk factors associated with the diagnosis of developmental dysplasia of the hip in newborns. *European journal of radiology*. 2012;81(3):e344-351.
55. Sharpe P, Mulpuri K, Chan A, Cundy PJ. Differences in risk factors between early and late diagnosed developmental dysplasia of the hip. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2006;91(3):F158-162.

56. Dunn PM, Evans RE, Thearle MJ, Griffiths HE, Witherow PJ. Congenital dislocation of the hip: early and late diagnosis and management compared. *Arch Dis Child*. 1985;60(5):407-414.
57. Raimann A, Baar A, Raimann R, Morcuende JA. Late developmental dislocation of the hip after initial normal evaluation: a report of five cases. *J Pediatr Orthop*. 2007;27(1):32-36.
58. Ilfeld FW, Westin GW, Makin M. Missed or developmental dislocation of the hip. *Clin Orthop Relat Res*. 1986(203):276-281.
59. Bjerkreim I, Johansen J. Late diagnosed congenital dislocation of the hip. *Acta Orthop Scand*. 1987;58(5):504-506.
60. Weinstein SL. Natural history of congenital hip dislocation (CDH) and hip dysplasia. *Clin Orthop Relat Res*. 1987(225):62-76.
61. Wedge JH, Wasylenko MJ. The natural history of congenital disease of the hip. *J Bone Joint Surg Br*. 1979;61-B(3):334-338.
62. Ziegler J, Thielemann F, Mayer-Athenstaedt C, Gunther KP. [The natural history of developmental dysplasia of the hip. A meta-analysis of the published literature]. *Orthopade*. 2008;37(6):515-516, 518-524.
63. Wedge JH, Wasylenko MJ. The natural history of congenital dislocation of the hip: a critical review. *Clin Orthop Relat Res*. 1978(137):154-162.
64. Cooperman DR, Wallensten R, Stulberg SD. Acetabular dysplasia in the adult. *Clin Orthop Relat Res*. 1983(175):79-85.
65. Gul R, Coffey JC, Khayyat G, McGuinness AJ. Late presentation of developmental dysplasia of the hip. *Ir J Med Sci*. 2002;171(3):139-140.
66. Morin C, Wicart P. Congenital dislocation of the hip, with late diagnosis after 1 year of age: update and management. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research : OTSR*. 2012;98(6 Suppl):S154-158.
67. Chapchal G. Untersuchung des Haltungs- und Bewegungssystems. In: Witt ANR, H.; Schlegel, K.F., ed. *Orthopädie in Praxis und Klinik*. Vol 2. 2 ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 1987.
68. Trendelenburg F. Trendelenburg's test: 1895. *Clin Orthop Relat Res*. 1998;355:3-7.
69. Shih CH, Shih HN. One-stage combined operation of congenital dislocation of the hips in older children. *J Pediatr Orthop*. 1988;8(5):535-539.

70. Weinstein SL, Mubarak SJ, Wenger DR. Developmental hip dysplasia and dislocation: Part II. *Instr Course Lect.* 2004;53:531-542.
71. Forlin E, Munhoz da Cunha LA, Figueiredo DC. Treatment of developmental dysplasia of the hip after walking age with open reduction, femoral shortening, and acetabular osteotomy. *Orthop Clin North Am.* 2006;37(2):149-160, vi.
72. Jager M, Westhoff B, Zilkens C, Weimann-Stahlschmidt K, Krauspe R. [Indications and results of corrective pelvic osteotomies in developmental dysplasia of the hip]. *Orthopade.* 2008;37(6):556-570, 572-554, 576.
73. Salter RB. The classic. Innominate osteotomy in the treatment of congenital dislocation and subluxation of the hip by Robert B. Salter, J. Bone Joint Surg. (Brit) 43B:3:518, 1961. *Clin Orthop Relat Res.* 1978(137):2-14.
74. Matzen P, Alzen G. *Kinderorthopädie : mit 73 Tabellen ; [mit 1150 diagnostischen Abbildungen]*. 1. Aufl. ed. München [u.a.]: Elsevier; 2007.
75. Schoenecker PL, Anderson DJ, Capelli AM. The acetabular response to proximal femoral varus rotational osteotomy. Results after failure of post-reduction abduction splinting in patients who had congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am.* 1995;77(7):990-997.
76. Fritsch EW, Schmitt E, Mittelmeier H. Radiographic course after acetabuloplasty and femoral osteotomy in hip dysplasia. *Clin Orthop Relat Res.* 1996(323):215-225.
77. Arslan H, Kapukaya A, Ibrahim Bekler H, Necmioglu S. Is varus osteotomy necessary in one-stage treatment of developmental dislocation of the hip in older children? *J Child Orthop.* 2007;1(5):291-297.
78. Tönnis D. Die Hüftkopfnekrosen in der konservativen und operativen Behandlung der angeborenen Hüftluxation - Ursachen, Häufigkeit, Vorbeugung. In: Stuhler T, ed. *Hüftkopfnekrose (Symposium, Nürnberg, 1.-3. März 1990)*. Berlin u.a.: Springer-Verlag; 1991.
79. Salter RB, Kostuik J, Dallas S. Avascular necrosis of the femoral head as a complication of treatment for congenital dislocation of the hip in young children: a clinical and experimental investigation. *Canadian journal of surgery. Journal canadien de chirurgie.* 1969;12(1):44-61.

80. Kalamchi A, MacEwen GD. Avascular necrosis following treatment of congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am.* 1980;62(6):876-888.
81. Cooperman DR, Wallensten R, Stulberg SD. Post-reduction avascular necrosis in congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am.* 1980;62(2):247-258.
82. Ahmed E, Mohamed AH, Wael H. Surgical treatment of the late - presenting developmental dislocation of the hip after walking age. *Acta ortopedica brasileira.* 2013;21(5):276-280.
83. Bhuyan BK. Outcome of one-stage treatment of developmental dysplasia of hip in older children. *Indian journal of orthopaedics.* 2012;46(5):548-555.
84. El-Tayeby HM. One-stage hip reconstruction in late neglected developmental dysplasia of the hip presenting in children above 8 years of age. *J Child Orthop.* 2009;3(1):11-20.
85. El-Sayed MM. Single-stage open reduction, Salter innominate osteotomy, and proximal femoral osteotomy for the management of developmental dysplasia of the hip in children between the ages of 2 and 4 years. *J Pediatr Orthop B.* 2009;18(4):188-196.
86. Subasi M, Arslan H, Cebesoy O, Buyukbebeci O, Kapukaya A. Outcome in unilateral or bilateral DDH treated with one-stage combined procedure. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466(4):830-836.
87. Tezeren G, Tukenmez M, Bulut O, Percin S, Cekin T. The surgical treatment of developmental dislocation of the hip in older children: a comparative study. *Acta Orthop Belg.* 2005;71(6):678-685.
88. Ryan MG, Johnson LO, Quanbeck DS, Minkowitz B. One-stage treatment of congenital dislocation of the hip in children three to ten years old. Functional and radiographic results. *J Bone Joint Surg Am.* 1998;80(3):336-344.
89. Olney B, Latz K, Asher M. Treatment of hip dysplasia in older children with a combined one-stage procedure. *Clin Orthop Relat Res.* 1998(347):215-223.
90. Karakas ES, Baktir A, Argun M, Turk CY. One-stage treatment of congenital dislocation of the hip in older children. *J Pediatr Orthop.* 1995;15(3):330-336.
91. Gulman B, Tuncay IC, Dabak N, Karaismailoglu N. Salter's innominate osteotomy in the treatment of congenital hip dislocation: a long-term review. *J Pediatr Orthop.* 1994;14(5):662-666.

92. Klisic P, Jankovic L. Combined procedure of open reduction and shortening of the femur in treatment of congenital dislocation of the hips in older children. *Clin Orthop Relat Res.* 1976(119):60-69.
93. Lorenz A. Ueber die mechanische Behandlung der angeborenen Hüftverrenkung. *Zentralbl Chir.* 1895;22:153.
94. Lange F. Die Stellung des Oberschenkels im Verband nach der Reposition der angeborenen Hüftverrenkung. *Z Orthop.* 1910;25:164-173.
95. Law EG, Heistad DD, Marcus ML, Mickelson MR. Effect of hip position on blood flow to the femur in puppies. *J Pediatr Orthop.* 1982;2(2):133-137.
96. Schoenecker PL, Bitz M, Witeside LA. The acute effect of position of immobilization on capital femoral epiphyseal blood flow. A quantitative study using the hydrogen washout technique. *J Bone Joint Surg Am.* 1978;60(7):899-904.
97. Connolly P, Weinstein SL. [The natural history of acetabular development in developmental dysplasia of the hip]. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2007;41 Suppl 1:1-5.
98. Bucholz R, Ogden J. Patterns of ischemic necrosis of the proximal femur in nonoperatively treated congenital hip disease. Paper presented at: The hip. Proceedings of the Sixth Open Scientific Meeting of the Hip Society. St. Louis: CV Mosby 1978.
99. Gage JR, Winter RB. Avascular necrosis of the capital femoral epiphysis as a complication of closed reduction of congenital dislocation of the hip. A critical review of twenty years' experience at Gillette Children's Hospital. *J Bone Joint Surg Am.* 1972;54(2):373-388.
100. Tönnis D, Kuhlmann GP. [Studies on the frequency of femur head necroses following the use of braces and various conservative therapeutic technics in congenital hip dysplasia and hip luxation]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1969;106(4):651-672.
101. Tönnis D. Die Behandlung von Folgezuständen der Hüftkopfnekrose. In: Stuhler T, ed. *Hüftkopfnekrose (Symposium, Nürnberg, 1.-3. März 1990)*. Berlin u.a.: Springer-Verlag; 1991.
102. Kamath SU, Bennet GC. Re-dislocation following open reduction for developmental dysplasia of the hip. *Int Orthop.* 2005;29(3):191-194.

103. Hsieh SM, Huang SC. Treatment of developmental dysplasia of the hip after failed open reduction. *J Formos Med Assoc.* 1998;97(11):763-769.
104. McCluskey WP, Bassett GS, Mora-Garcia G, MacEwen GD. Treatment of failed open reduction for congenital dislocation of the hip. *J Pediatr Orthop.* 1989;9(6):633-639.
105. Bos CF, Slooff TJ. Treatment of failed open reduction for congenital dislocation of the hip. A 10-year follow-up of 14 patients. *Acta Orthop Scand.* 1984;55(5):531-535.
106. Hilgenreiner H. Zur Frühdiagnose der angeborenen Hüftgelenksverrenkung. *Med Klin.* 1925;21:1385-1388, 1425-1429.
107. Ombrédanne L. *Précis clinique et opératoire de chirurgie infantile.* Paris: Masson; 1923.
108. Perkins G. Signs by which to diagnose congenital dislocation of the hip. 1928. *Clin Orthop Relat Res.* 1992(274):3-5.
109. Rejholec M. Combined pelvic osteotomy for the bipartite acetabulum in late developmental dysplasia of the hip: a ten-year prospective study. *J Bone Joint Surg Br.* 2011;93(2):257-261.
110. Massie WK, Howorth MB. CONGENITAL DISLOCATION OF THE HIP Part I. Method of Grading Results. *The Journal of Bone & Joint Surgery.* 1950;32(3):519-531.
111. Birkner R. *Das typische Röntgenbild des Skeletts.* 4 ed. München: Urban & Fischer; 2009.
112. Waldt SE, Matthias; Wörtler, Klaus. Messverfahren und Klassifikationen in der muskuloskelettalen Radiologie. 1. ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 2011.
113. Campbell SE. Radiography of the hip: lines, signs, and patterns of disease. *Semin Roentgenol.* 2005;40(3):290-319.
114. Hellinger J. *Meßmethoden in der Skelettradiologie.* Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 1995.
115. Stulberg S, Harris W. Acetabular dysplasia and development of osteoarthritis of the hip. Paper presented at: The Hip: Proceedings of the Second Open Scientific Meeting of the Hip Society. St Louis: CV Mosby 1974.
116. Idelberger K, Frank A. Über eine neue Methode zur Bestimmung des Pfannendachwinkels bei Jugendlichen und Erwachsenen. *Z Orthop.* 1952;82:571-577.
117. Reimers J. The Stability of the Hip in Children. *Acta Ortopaedica Scandinavica.* 1980(Suppl. 184).

118. McKay DW. A comparison of the innominate and the pericapsular osteotomy in the treatment of congenital dislocation of the hip. *Clin Orthop Relat Res.* 1974(98):124-132.
119. Severin EA, Helen D. *Contribution to the Knowledge of Congenital Dislocation of the Hip Joint. Late Results of Closed Reduction and Arthrographic Studies of Recent Cases.* (Translated from the Swedish by Helen Frey.). 1941.
120. Berkeley ME, Dickson JH, Cain TE, Donovan MM. Surgical therapy for congenital dislocation of the hip in patients who are twelve to thirty-six months old. *J Bone Joint Surg Am.* 1984;66(3):412-420.
121. Rejholec M. Combined pelvic osteotomy for deformed dysplastic acetabula: a 5-year prospective study. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2007;15(3):347-351.
122. Mardam-Bey TH, MacEwen GD. Congenital hip dislocation after walking age. *J Pediatr Orthop.* 1982;2(5):478-486.
123. Schoenecker PL, Strecker WB. Congenital dislocation of the hip in children. Comparison of the effects of femoral shortening and of skeletal traction in treatment. *J Bone Joint Surg Am.* 1984;66(1):21-27.
124. Wedge JH, Thomas SR, Salter RB. Outcome at forty-five years after open reduction and innominate osteotomy for late-presenting developmental dislocation of the hip. Surgical technique. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90 Suppl 2 Pt 2:238-253.
125. Thomas SR, Wedge JH, Salter RB. Outcome at forty-five years after open reduction and innominate osteotomy for late-presenting developmental dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(11):2341-2350.
126. Nakamura M, Matsunaga S, Yoshino S, et al. Long-term result of combination of open reduction and femoral derotation varus osteotomy with shortening for developmental dislocation of the hip. *J Pediatr Orthop B.* 2004;13(4):248-253.
127. Tonnis D. Der AC-Winkel. *Orthopädische Praxis, Heft 1/1974, X. Jahrgang.* 1974:29 - 32.
128. Neidel J, Tonnis D. [Percentile graphs in the documentation of acetabular angle in children with hip dysplasia. A tool in the diagnosis and quality control of its treatment]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1994;132(6):512-515.
129. Tonnis D, Brunken D. [Differentiation of normal and pathological acetabular roof angle in the diagnosis of hip dysplasia. Evaluation of 2294 acetabular roof angles of hip joints in children]. *Arch Orthop Unfallchir.* 1968;64(3):197-228.

130. Chang CH, Kao HK, Yang WE, Shih CH. Surgical results and complications of developmental dysplasia of the hip--one stage open reduction and Salter's osteotomy for patients between 1 and 3 years old. *Chang Gung Med J.* 2011;34(1):84-92.
131. Umer M, Nawaz H, Kasi PM, Ahmed M, Ali SS. Outcome of triple procedure in older children with developmental dysplasia of hip (DDH). *J Pak Med Assoc.* 2007;57(12):591-595.
132. Ward WT, Vogt M, Grudziak JS, Tumer Y, Cook PC, Fitch RD. Severin classification system for evaluation of the results of operative treatment of congenital dislocation of the hip. A study of intraobserver and interobserver reliability. *J Bone Joint Surg Am.* 1997;79(5):656-663.
133. Rippstein J. Zur Bestimmung der Antetorsion des Schenkelhalses mittels zweier Röntgenaufnahmen. *Z Orthop.* 1955;86:345-360.

Eidesstattliche Versicherung

Werner, Sebastian

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt,
dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

Frühergebnisse der operativen Hüftgelenksrekonstruktion mittels kombinierter offener Hüftgelenksreposition, Beckenosteotomie nach Salter und intertrochantärer Umstellungsosteotomie bei im Laufalter diagnostizierter kongenitaler Hüftluxation

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe. Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Stuttgart, 11.02.2017

Ort, Datum

Unterschrift Doktorandin/Doktorand